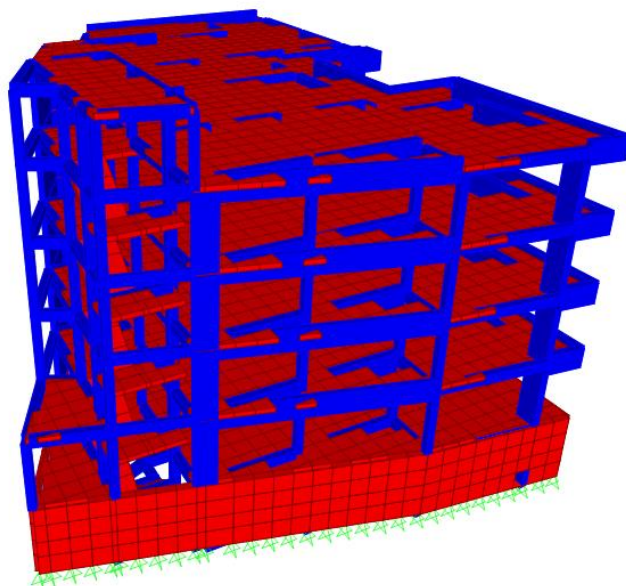




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

**ISEL**



## **Projecto de Fundações e Estrutura de um Edifício de habitação utilizando os Eurocódigos Estruturais**

Pedro David Coimbra Mota

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de projecto para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Civil – Estruturas

Orientador:

Mestre António Carlos Teles de Sousa Gorgulho, Prof. Adjunto (ISEL)

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado, Prof. Coordenadora (ISEL)

Vogais:

Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto, Prof. Adjunto (ISEL)

Mestre António Carlos Teles de Sousa Gorgulho, Prof. Adjunto (ISEL)

Fevereiro de 2015



# AGRADECIMENTOS

---

Esta página servirá apenas para fazer a devida referência aos que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a realização desta pequena amostra de engenharia.

A sequência das pessoas aqui seguida, nada tem a ver com a importância que tiveram neste projecto mas não poderia nunca não começar por agradecer aqueles que sempre estiveram presentes, quer nos momentos bons ou menos bons, e que são a minha família. Aos meus pais e ao meu irmão, que sempre foram o mais directo apoio que tive em tudo.

Quero também agradecer aos meus professores cujo conhecimento que me transmitiram foi fundamental, não só para a realização deste trabalho mas também para me fazer perceber o quão pequeno sou neste mundo da engenharia e na importância que há em querer saber mais.

Por último e porque também considero que tiveram um papel fundamental neste culminar da minha formação, agradeço aos meus amigos e colegas de curso bem como à minha incansável namorada que nunca parou de me apoiar.





# RESUMO

---

Este trabalho materializa um projecto de estrutura e fundações de um edifício destinado à habitação e visa as várias etapas com maior destaque para a análise estrutural e dimensionamento sísmico.

As várias fases vão desde a concepção estrutural em função das plantas de arquitectura até ao dimensionamento final dos vários elementos estruturais constituintes do edifício.

O objectivo é a sintetização dos principais passos inerentes ao projecto baseados nos Eurocódigos que hoje representam um futuro muito próximo em termos de regulamentação.

O avanço tecnológico e a facilitação que as novas ferramentas trazem, permitem atingir resultados finais com uma maior rapidez e a exploração de estruturas cada vez mais complexas, como tal foi utilizado um programa tridimensional de elementos finitos para a modelação da estrutura.

Um projecto a este nível exige a conjugação de vários factores tais como a segurança e a viabilidade económica, logo houve a ponderação dos dois, porém é bom não esquecer que este trabalho é puramente académico pelo que foi dado maior ênfase aos critérios de dimensionamento regulamentares cuja filosofia se centra à volta dos estados limites últimos e de utilização.

É esperado que com a realização deste trabalho, haja consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e o confronto com algumas das dificuldades que a vida profissional trará.

Palavras-chave: Projecto, betão armado, análise sísmica, EC2, EC8, dimensionamento



# ABSTRACT

---

This work embodies a structural project and foundations of a building intended for habitation and suppose several steps, with greater emphasis on structural analysis and seismic design.

This is a project focused to show and understand all the phases ranging from structural conception according to the architectural plans until dimensioning of the various structural elements from this building.

The goal is the synthesis of the key steps connected with the project, based in Eurocodes which nowadays represent a closer future in terms of regulation.

The technological development of new tools brought a final results more quickly, and also make possible the exploitation of increasingly complex structures, as such, it was used a three-dimensional finite element program to modeling the structure.

A project at this level requires the combination of several factors such as: the safety and economic viability, so there was weighing of the two, however it is good not forget that this work is purely academic, whereby was given a greater emphasis to the regulatory dimension criteria which their philosophy center around the Ultimate Limit States and Use.

It is expected that with this work some consolidation of the knowledge acquired along the way, and the confrontation with some difficulties that professional life will bring.

Key-words: project, reinforced concrete, seismic analysis, EC2, EC8, design



|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMENTOS .....                                      | I    |
| RESUMO .....  | III  |
| ABSTRACT .....  | V    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                   | XI   |
| ÍNDICE DE TABELAS .....                                   | XIII |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS .....                                  | XVII |
| LISTA DE ABREVIACÕES .....                                | XIX  |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 1    |
| 1.1. Bases arquitectónicas e solução estrutural.....      | 3    |
| 2 MATERIAIS .....   | 5    |
| 2.1. Betão .....  | 5    |
| 2.2. Aço.....   | 6    |
| 3 ACÇÕES .....  | 7    |
| 3.1. Cargas permanentes .....                             | 7    |
| 3.2. Sobrecargas .....                                    | 8    |
| 3.3. Acção sísmica .....                                  | 9    |
| 3.3.1. Comportamento dinâmico de edifícios .....          | 11   |
| 3.3.2. Tipos de acções sísmicas.....                      | 11   |
| 3.3.3. Zonamento sísmico .....                            | 12   |
| 3.3.4. Tipo de terreno .....                              | 13   |
| 3.3.5. Classe de importância .....                        | 13   |
| 3.3.6. Espectro de resposta horizontal.....               | 13   |
| 3.3.7. Coeficiente de comportamento.....                  | 14   |
| 3.3.8. Componente vertical da acção sísmica.....          | 16   |
| 3.4. Combinações de acções .....                          | 16   |
| 3.4.1. Estados limites últimos.....                       | 17   |
| 3.4.2. Estados limites de utilização .....                | 17   |
| 4 PROJECTO SÍSMICO DE EDIFÍCIOS – ASPECTOS TEÓRICOS ..... | 19   |
| 4.1. Regularidade estrutural .....                        | 20   |
| 4.1.1. Regularidade em planta .....                       | 20   |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.1.2. | Regularidade em altura .....                 | 21 |
| 4.2.   | Classificação do sistema estrutural .....    | 22 |
| 4.3.   | Dimensionamento DCM .....                    | 22 |
| 4.3.1. | Capacity design .....                        | 22 |
| 4.3.2. | Materiais .....                              | 23 |
| 4.3.3. | Restrições geométricas .....                 | 23 |
| 4.3.4. | Coeficiente de comportamento .....           | 24 |
| 5      | PRÉ-DIMENSIONAMENTO .....                    | 27 |
| 5.1.   | Lajes .....                                  | 27 |
| 5.2.   | Vigas .....                                  | 27 |
| 5.3.   | Pilares .....                                | 28 |
| 5.4.   | Escadas .....                                | 28 |
| 5.5.   | Fundações .....                              | 28 |
| 6      | EFEITOS DA ACÇÃO SÍSMICA .....               | 31 |
| 6.1.   | Rigidez de torção mínima .....               | 31 |
| 6.2.   | Classificação da estrutura .....             | 35 |
| 6.3.   | Regularidade estrutural .....                | 36 |
| 6.3.1. | Regularidade em planta .....                 | 36 |
| 6.3.2. | Regularidade em altura .....                 | 36 |
| 6.4.   | Coeficiente de comportamento .....           | 36 |
| 7      | ANÁLISE ESTRUTURAL .....                     | 39 |
| 7.1.   | Modelação .....                              | 39 |
| 7.2.   | Método de análise .....                      | 42 |
| 7.3.   | Efeitos acidentais de torção .....           | 44 |
| 7.4.   | Efeitos de 2ª ordem .....                    | 47 |
| 8      | DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL .....             | 49 |
| 8.1.   | Regras gerais .....                          | 49 |
| 8.1.1. | Recobrimento das armaduras .....             | 49 |
| 8.1.2. | Distância mínima entre varões .....          | 50 |
| 8.1.3. | Diâmetro mínimo de dobragem dos varões ..... | 51 |
| 8.1.4. | Comprimento de amarração de referência ..... | 51 |
| 8.1.5. | Amarração de armaduras transversais .....    | 53 |
| 8.1.6. | Comprimento de emendas de armaduras .....    | 53 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 8.2.     | Pormenorização .....   | 53  |
| 8.2.1.   | Filosofia adoptada na verificação da segurança em relação aos ELU's... 53    |     |
| 8.2.2.   | Vigas .....  | 54  |
| 8.2.2.1. | Armadura longitudinal .....  | 54  |
| 8.2.2.2. | Armadura transversal .....   | 59  |
| 8.2.2.3. | Armadura de suspensão.....   | 61  |
| 8.2.2.4. | Dimensionamento.....   | 62  |
| 8.2.3.   | Pilares.....   | 65  |
| 8.2.3.1. | Armadura longitudinal .....  | 65  |
| 8.2.3.2. | Armadura transversal .....   | 66  |
| 8.2.3.3. | Armadura de confinamento .....   | 68  |
| 8.2.3.4. | Pormenorização .....   | 69  |
| 8.2.4.   | Paredes .....  | 74  |
| 8.2.4.1. | Conceito pilar fictício.....   | 74  |
| 8.2.4.2. | Armadura longitudinal .....  | 74  |
| 8.2.4.3. | Armadura horizontal .....  | 76  |
| 8.2.4.4. | Armadura transversal .....   | 76  |
| 8.2.4.5. | Armadura de confinamento.....  | 76  |
| 8.2.4.6. | Dimensionamento.....   | 78  |
| 8.2.5.   | Lajes e escadas .....  | 81  |
| 8.2.6.   | Fundações .....  | 83  |
| 8.2.7.   | Muros .....  | 88  |
| 8.3.     | Filosofia adoptada na verificação da segurança em relação aos ELutil..... 89 |     |
| 8.3.1.   | Limitação das tensões.....   | 90  |
| 8.3.2.   | Controlo da fendilhação .....  | 90  |
| 8.3.3.   | Controlo das deformações.....  | 90  |
| 8.3.4.   | Limitação de danos segundo o EC8 .....                                       | 95  |
| 9        | CONCLUSÃO.....   | 97  |
|          | BIBLIOGRAFIA .....   | 99  |
|          | PEÇAS DESENHADAS .....   | 101 |
|          | ANEXOS.....  | 102 |





# ÍNDICE DE FIGURAS

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.1 – Peso das paredes exteriores aplicado nas vigas do piso 3 .....   | 8  |
| Figura 3.2 - Distribuição de sobrecargas no piso 2 .....  | 9  |
| Figura 3.3 - Zonamento sísmico (adaptada do EC8) .....  | 12 |
| Figura 6.1 - Planta com os centros de rigidez e massa do piso 4 .....   | 34 |
| Figura 7.1 - Elemento de barra com 12 graus de liberdade .....  | 39 |
| Figura 7.2 - Ex. de um elemento de barra - SAP2000.....   | 39 |
| Figura 7.3 - Ex. de elementos <i>shell</i> - SAP2000.....   | 40 |
| Figura 7.4 - Núcleo do elevador com os <i>constraints</i> (a verde) do piso 4.....                                    | 40 |
| Figura 7.5 - Apoios fixos dos elementos verticais na base do edifício .....   | 41 |
| Figura 7.6 - Impulsos do terreno .....  | 42 |
| Figura 8.1 - Disposições complementares para amarração dos nós viga-pilar.....  | 57 |
| Figura 8.2 - Colocação da armadura de suspensão.....  | 61 |
| Figura 8.3 - Esforço transversal de cálculo [6].....  | 62 |
| Figura 8.4 - Cálculo do momento resistente da secção .....  | 63 |
| Figura 8.5 - Espaçamentos entre varões .....  | 67 |
| Figura 8.6 - Esforço transversal de cálculo nos pilares [6] .....   | 70 |
| Figura 8.7 - Equilíbrio de esforços na parede.....  | 74 |
| Figura 8.8 - Envolventes do diagrama de momentos flectores das paredes (adaptada do EC8).....                         | 79 |
| Figura 8.9 - Envolvente do diagrama de esforço transversal das paredes (adaptada do EC8).....                         | 80 |
| Figura 8.10 - Esquema de cálculo das armaduras para as sapatas com cargas centradas.....                              | 86 |
| Figura 8.11 - Esquema de cálculo das armaduras para sapatas laterais .....  | 87 |
| Figura 8.12 - Carregamento do solo sem e com arruamentos nos muros e respectivos diagramas de momentos flectores..... | 88 |
| Figura 8.13 - Deformação do piso 4 .....  | 91 |



# ÍNDICE DE TABELAS

---

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2.1 – Características mecânicas do betão utilizado .....  | 6  |
| Tabela 2.2 - Características mecânicas do aço utilizado .....  | 6  |
| Tabela 3.1 – Valor das restantes cargas permanentes .....  | 7  |
| Tabela 3.2 - Valores das sobrecargas .....   | 9  |
| Tabela 3.3 - Características do espectro de resposta para o edifício em estudo.....                    | 15 |
| Tabela 3.4 - Coeficientes parciais de segurança.....   | 18 |
| Tabela 4.1 - Valores básicos do coeficiente de comportamento para estruturas regulares em altura ..... | 25 |
| Tabela 6.1 - Raio de giração do piso 4 .....   | 32 |
| Tabela 6.2 - Coordenadas do centro de rigidez do piso 4 .....  | 33 |
| Tabela 6.3 - Coordenadas do centro de massa do piso 4.....   | 33 |
| Tabela 6.4 - Deslocamentos do piso 4 para os carregamentos considerados .....                          | 34 |
| Tabela 6.5 - Rigidezes de translação e rotação do piso 4.....  | 35 |
| Tabela 6.6 - Carregamentos devido às acções unitárias .....  | 35 |
| Tabela 6.7 - Percentagem de força absorvida por cada grupo estrutural.....                             | 35 |
| Tabela 6.8 - Valor do coeficiente de comportamento para o edifício em estudo .....                     | 36 |
| Tabela 7.1 - Número de modos de análise necessários .....  | 43 |
| Tabela 7.2 - Período de vibração para o modo k .....   | 43 |
| Tabela 7.3 - Excentricidade accidental.....  | 45 |
| Tabela 7.4 - Força de corte basal.....   | 46 |
| Tabela 7.5 - Forças horizontais em cada piso na direcção X .....                                       | 46 |
| Tabela 7.6 - Forças horizontais em cada piso na direcção Y .....                                       | 46 |
| Tabela 7.7 - Momentos torsões accidentais em cada piso na direcção X .....                             | 46 |
| Tabela 7.8 - Momentos torsões accidentais em cada piso na direcção Y .....                             | 46 |
| Tabela 7.9 - Deslocamentos dos pisos.....  | 48 |
| Tabela 7.10 - Índices de sensibilidade para as duas direcções .....                                    | 48 |
| Tabela 8.1 - Cálculo do recobrimento .....   | 50 |
| Tabela 8.2 - Distância mínima entre varões .....   | 51 |
| Tabela 8.3 - Diâmetros mínimos de dobragem.....  | 51 |
| Tabela 8.4 - Comprimentos de amarração de referência .....   | 52 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 8.5 - Comprimentos de amarração de cálculo .....   | 52 |
| Tabela 8.6 - Comprimentos de emenda .....   | 53 |
| Tabela 8.7 - Taxa mínima de armadura .....  | 55 |
| Tabela 8.8 - Ductilidade em curvatura .....   | 55 |
| Tabela 8.9 - Taxa máxima de armadura .....  | 56 |
| Tabela 8.10 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 1 .....  | 58 |
| Tabela 8.11 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 2 .....  | 58 |
| Tabela 8.12 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 3 .....  | 59 |
| Tabela 8.13 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 4 .....  | 59 |
| Tabela 8.14 - Características base da viga V27.1 .....  | 64 |
| Tabela 8.15 - Áreas de armadura da viga V27.1 .....   | 64 |
| Tabela 8.16 - Posição da linha neutra e respectivo momento resistente da viga V27.1 .....                     | 64 |
| Tabela 8.17 - Esforço transversal de cálculo da viga V27.1 .....  | 64 |
| Tabela 8.18 - Comprimento da zona crítica da viga V27.1 .....   | 64 |
| Tabela 8.19 - Espaçamento máximo das armaduras de esforço transversal da viga V27.1 .....                     | 65 |
| Tabela 8.20 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida .....                                    | 65 |
| Tabela 8.21 - Verificação da segurança ao esforço transversal.....  | 65 |
| Tabela 8.22 - Características mecânicas do pilar P21 (piso 0).....  | 71 |
| Tabela 8.23 - Esforço transversal de cálculo do pilar P21 (piso 0) na direcção X.....                         | 71 |
| Tabela 8.24 - Esforço transversal de cálculo do pilar P21 (piso 0) na direcção Y.....                         | 72 |
| Tabela 8.25 - Comprimento da zona crítica do pilar P21 (piso 0).....  | 72 |
| Tabela 8.26 - Espaçamento máximo das cintas do pilar P21 (piso 0).....  | 72 |
| Tabela 8.27 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida do pilar P21 (piso 0) na direcção X..... | 72 |
| Tabela 8.28 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida do pilar P21 (piso 0) na direcção Y..... | 72 |
| Tabela 8.29 - Verificação da segurança ao esforço transversal do pilar P21 (piso 0) na direcção X.....        | 72 |
| Tabela 8.30 - Verificação da segurança ao esforço transversal do pilar P21 (piso 0) na direcção Y.....        | 72 |
| Tabela 8.31 - Dados gerais do pilar P21 (piso 0) .....  | 73 |
| Tabela 8.32 - Características geométricas da parede P1 .....  | 78 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 8.33 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede P1 .....               | 78 |
| Tabela 8.34 - Armadura vertical da alma da parede P1 (por face).....                   | 79 |
| Tabela 8.35 - Armadura horizontal da alma da parede P1 (por face).....                 | 79 |
| Tabela 8.36 - Verificação da armadura vertical total da parede P1.....                 | 79 |
| Tabela 8.37 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida da parede P1..... | 80 |
| Tabela 8.38 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede P1 .....       | 80 |
| Tabela 8.39 - Espaçamento máximo das cintas da parede P1 .....                         | 81 |
| Tabela 8.40 - Verificação da armadura de confinamento da parede P1 .....               | 81 |
| Tabela 8.41 - Verificação dos comprimentos dos pilares fictícios da parede P1 .....    | 81 |
| Tabela 8.42 - Armadura mínima e máxima das lajes .....                                 | 82 |
| Tabela 8.43 - Verificação da segurança ao esforço transversal das lajes.....           | 83 |
| Tabela 8.44 - Momentos flectores actuantes nos muros.....                              | 88 |
| Tabela 8.45 - Verificação da segurança ao esforço transversal dos muros .....          | 89 |
| Tabela 8.46 - Armadura adoptada nos muros.....   | 89 |
| Tabela 8.47 - Momento quase-permanente .....   | 92 |
| Tabela 8.48 - Módulos de elasticidade e coeficiente de homogeneização .....            | 92 |
| Tabela 8.49 - Momento de inércia da secção não fendilhada.....                         | 93 |
| Tabela 8.50 – Momento de fendilhação e verificação das deformações no piso 4 .....     | 93 |
| Tabela 8.51 - Limitação de danos na direcção X .....                                   | 95 |
| Tabela 8.52 - Limitação de danos na direcção Y .....                                   | 95 |



# ÍNDICE DE GRÁFICOS

---

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 3.1 - Espectro de resposta horizontal tipo para estruturas de betão armado (coef. de amortecimento 5%).....    | 14 |
| Gráfico 6.1 - Espectro de resposta horizontal para a acção sísmica tipo I (com e sem o efeito do coef. de comp.) ..... | 37 |





# LISTA DE ABREVIACÕES

---

## **- Letras maiúsculas latinas**

|                 |  |
|-----------------|--|
| $A$             | acção acidente   |
| $A$             | Área de secção transversal   |
| $A_c$           | Área de secção transversal do betão  |
| $A_{Ed}$        | Valor de cálculo da acção sísmica  |
| $A_{Ek}$        | Valor característico da acção sísmica para o período de retorno de referência                                      |
| $A_s$           | Área da secção de uma armadura para betão armado   |
| $A_{s,min}$     | Área da secção mínima de armadura  |
| $A_{sl}$        | Área de armadura de tracção  |
| $A_{sv}$        | Área de armadura vertical de alma  |
| $A_{sw}$        | Área da secção de armadura de esforço transversal  |
| $CP$            | Carga permanente   |
| $CQC$           | Combinação Quadrática Completa   |
| $E$             | Efeito de uma acção  |
| $E_c$           | Módulo de elasticidade do betão  |
| $E_{c,eff}$     | Módulo de elasticidade efectivo do betão   |
| $E_{cm}$        | Módulo de elasticidade secante do betão  |
| $E_d$           | Esforço actuante de dimensionamento  |
| $E_E$           | Efeito da acção sísmica  |
| $E_{F,E}$       | Efeito da acção resultante da análise para a acção sísmica de cálculo  |
| $E_{F,G}$       | Efeito da acção devido às acções não sísmicas incluídas na combinação de acções para a situação sísmica de cálculo |
| $EL_{util}$     | Estados limites de utilização  |
| $ELU$           | Estados limites últimos  |
| $E_s$<br>armado | Valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura para betão armado                                |
| $F$             | Acção  |

|                |  |
|----------------|--|
| $F_b$          | Força de corte basal   |
| $F_c$          | Força no betão   |
| $F_i$          | Força horizontal equivalente   |
| $F_p$          | Força na armadura de pré-esforço   |
| $F_s$          | Força na armadura ordinária  |
| $F_{tsd}$      | Força de cálculo no tirante da armadura ordinária junto à base da sapata   |
| $G_k$          | Valor característico de uma acção permanente                               |
| $I$            | Momento de inércia   |
| $I_I$          | Momento de inércia da secção não fendilhada                                |
| $I_{pCM}$      | Momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso             |
| $K$            | Rigidez  |
| $K_j$          | Rigidez de translação  |
| $K_\theta$     | Rigidez de torção  |
| $L$            | Comprimento  |
| $L_i$          | Dimensão do piso na direcção perpendicular à direcção do movimento sísmico |
| $L_{max}$      | Dimensão máxima em planta do edifício                                      |
| $L_{min}$      | Dimensão mínima em planta do edifício                                      |
| $M$            | Momento flector  |
| $M_{ai}$       | Momento torsor   |
| $M_{cr}$       | Momento de fendilhação   |
| $M_{Ed}$       | Momento actuante de cálculo  |
| $M_{freq}$     | Momento devido à combinação quase-permanente de acções                     |
| $M_{Rb}M_{Rc}$ | Momentos resistentes em vigas e em colunas, respectivamente                |
| $M_{Rd}$       | Momento resistente de cálculo  |
| $N_{Ed}$       | Valor de cálculo do esforço normal   |
| $P$            | Pré-esforço  |
| $Q_{k,l}$      | Valor característico de uma acção variável base                            |
| $Q_{k,i}$      | Valor característico de uma acção variável                                 |

|                 |  |
|-----------------|--|
| $RCP$           | Restante carga permanente  |
| $SC$            | Sobrecarga   |
| $S_{d(T)}$      | Espectro de cálculo  |
| $T$             | Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade  |
| $T_1$           | Período fundamental da estrutura para movimentos horizontais no plano de flexão associado à curvatura em causa |
| $T_B$           | Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante  |
| $T_C$           | Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante  |
| $T_D$           | Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamentos constante                                       |
| $T_k$           | Período de vibração do modo k  |
| $V$             | Esforço transversal  |
| $V_{Ed}$        | Valor de cálculo de esforço transversal  |
| $V_{Rd}$        | Esforço transversal resistente de cálculo  |
| $V_{total}$     | Força de corte total ao nível do piso em análise   |
| $X_{CR} Y_{CR}$ | Coordenadas do centro de rigidez   |

**- Letras minúsculas latinas**

|           |   |
|-----------|---|
| $a_1$     | Coeficiente relativo ao efeito da forma dos varões  |
| $a_2$     | Coeficiente relativo ao efeito do recobrimento mínimo do betão  |
| $a_3$     | Coeficiente relativo ao efeito da cintagem das armaduras transversais   |
| $a_4$     | Coeficiente relativo à influencia de um ou mais varões transversais soldados ao longo do comprimento de amarração         |
| $a_5$     | Coeficiente relativo ao efeito da forma da pressão ortogonal ao plano de fendilhação ao longo do comprimento de amarração |
| $a_g$     | Valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno do tipo A   |
| $a_{gR}$  | Valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A   |
| $b$       | Largura total de uma secção transversal   |
| $b_c$     | Dimensão da secção transversal do pilar   |
| $b_{eff}$ | Largura efectiva do banzo   |

|               |   |
|---------------|---|
| $b_i$         | Distâncias medidas a eixo entre varões travados consecutivamente          |
| $b_0$         | Largura do elemento confinado, medida entre cintas                        |
| $b_w$         | Largura da alma de vigas  |
| $b_w$         | Espessura da zona confinada   |
| $b_{w,min}$   | Largura mínima das vigas de fundação                                      |
| $b_{w0}$      | Espessura da alma de uma parede   |
| $c_{min}$     | Recobrimento mínimo   |
| $c_{min,b}$   | Recobrimento mínimo para os requisitos de aderência                       |
| $c_{min,dur}$ | Recobrimento mínimo relativo às condições ambientais                      |
| $c_{nom}$     | Recobrimento nominal  |
| $d$           | Altura útil de uma secção transversal                                     |
| $d$           | Distância mínima entre varões   |
| $d$           | Deslocamento dos pisos  |
| $d_{bl}$      | Diâmetro de um varão longitudinal   |
| $d_{bw}$      | Diâmetro de uma cinta   |
| $d_g$         | Dimensão nominal máxima do agregado                                       |
| $d_g$         | Valor de cálculo do deslocamento à superfície do terreno                  |
| $d_r$         | Valor de cálculo do deslocamento relativo entre pisos                     |
| $d_s$         | Deslocamento real da estrutura  |
| $e$           | Excentricidade  |
| $e_{oi}$      | Distância entre o centro de rigidez e o centro de massa                   |
| $e_a$         | Excentricidade accidental de um piso em relação à sua localização nominal |
| $f_{bd}$      | Tensão de aderência   |
| $f_{cd}$      | Valor de cálculo da tensão de rotura à compressão                         |
| $f_{ck}$      | Valor característico de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade |
| $f_{ctd}$     | Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à tracção                   |
| $f_{ctm}$     | Valor médio da tensão de rotura do betão à tracção simples                |

|             |   |
|-------------|---|
| $f_{yd}$    | Valor de cálculo da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado   |
| $f_{yk}$    | Valor característico da tensão de cedência à tracção do aço das armadura para betão armado  |
| $f_{ywd}$   | Valor de cálculo de cedência do aço das armaduras de esforço transverso   |
| $g$         | Aceleração devida à gravidade   |
| $h$         | Altura entre pisos  |
| $h_0$       | Altura do núcleo confinado  |
| $h_c$       | Altura da secção transversal de um pilar na direcção considerada  |
| $h_c$       | Comprimento da alma da secção de parede   |
| $h_{cr}$    | Altura da zona crítica nas paredes  |
| $h_s$       | Altura livre entre pisos  |
| $h_w$       | Altura de uma parede ou altura da secção transversal de uma viga  |
| $h_{w,min}$ | Altura mínima das vigas de fundação   |
| $k_D$       | Coefficiente que reflecte a classe de ductilidade no cálculo da largura do pilar necessária à amarração das armadura da viga num nó |
| $k_w$       | Coefficiente que reflecte o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de parede  |
| $l$         | Comprimento ou vão  |
| $l_0$       | Distância entre momentos nulos  |
| $l_0$       | Comprimento de emenda   |
| $l_{b,rqd}$ | Comprimento de amarração de referência  |
| $l_{bd}$    | Comprimento de amarração  |
| $l_c$       | Comprimento da zona critica na extremidade das paredes  |
| $l_{cl}$    | Comprimento livre de uma viga ou de um pilar  |
| $l_{cr}$    | Comprimento da zona critica   |
| $l_s$       | Raio de giração   |
| $l_w$       | Maior dimensão da parede em planta  |
| $m$         | Massa   |
| $n$         | Número de pisos da fundação ou do nível superior de uma cave rígida   |

|                 |   |
|-----------------|---|
| $n$             | Número total de varões longitudinais onde o deslocamento para o exterior da secção está travado por cintas ou ganchos em torno dos varões |
| $q$             | Coefficiente de comportamento   |
| $q_0$           | Valor básico do coeficiente de comportamento  |
| $r_i$           | Raio de torção  |
| $s$             | Espaçamento das armadura transversais   |
| $s_{cl,max}$    | Espaçamento máximo das armaduras transversais ao longo do pilar   |
| $s_{l,max}$     | Espaçamento máximo entre estribos   |
| $s_{max,slabs}$ | Espaçamento máximo entre varões nas lajes   |
| $s_{t,max}$     | Espaçamento transversal máximo entre ramos de estribos  |
| $w$             | Abertura de fendas  |
| $x_u$           | Extensão da zona comprimida no plano de flexão  |
| $z$             | Braço do binário das forças interiores  |
| $z_i$           | Altura do piso $i$ medida a partir do nível da aplicação da acção sísmica   |

**- Letras minúsculas gregas**

|                        |   |
|------------------------|---|
| $\alpha$               | Ângulo formado pelas armaduras de esforço transversal e o eixo longitudinal   |
| $\alpha$               | Coefficiente de eficiência do confinamento  |
| $\alpha$               | Coefficiente de homogeneização  |
| $\alpha_{ct}$          | Coefficiente relativo aos efeitos de longo prazo na resistência à tracção e aos efeitos desfavoráveis resultantes do modo como a carga é aplicada |
| $\alpha_n$             | Relação entre a área efectivamente confinada e a área no interior das cintas  |
| $\alpha_i$             | Relação entre a área da secção efectivamente confinada a meia distância entre cintas e a área no interior das cintas                              |
| $\beta$                | Coefficiente correspondente ao limite inferior do espectro e cálculo horizontal   |
| $\delta_\infty$        | Deformação a longo prazo  |
| $\Delta_{cdur,add}$    | Factor de redução do recobrimento mínimo no caso de protecção adicional   |
| $\Delta_{cdur,\gamma}$ | Factor de segurança   |
| $\Delta_{cdur,st}$     | Factor de redução do recobrimento mínimo se for utilizado aço inoxidável  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| $\delta_I$         | Deformação elástica  |
| $\epsilon_{cu,2}$  | Extensão última no betão não confinado   |
| $\epsilon_{cu2,c}$ | Extensão última no betão confinado   |
| $\epsilon_{sy,d}$  | Valor de cálculo da extensão de cedência à tracção do aço  |
| $\gamma_C$         | Coefficiente parcial de segurança relativo ao betão  |
| $\gamma_G$         | Coefficiente parcial de segurança relativo às acções permanentes   |
| $\gamma_{II}$      | Coefficiente de importância  |
| $\gamma_Q$         | Coefficiente parcial de segurança relativo às acções variáveis   |
| $\gamma_{Rd}$      | Factor de incerteza no modelo no valor de dimensionamento das resistências                                     |
| $\gamma_{Rd}$      | Factor relativo à possibilidade do aumento do momento flector resistente devido ao endurecimento das armaduras |
| $\eta_1$           | Coefficiente relativo às condições de aderência e à posição do varão durante a betonagem                       |
| $\eta_2$           | Coefficiente relativo ao diâmetro do varão   |
| $\varphi$          | Coefficiente de fluência   |
| $\lambda$          | Parâmetro adimensional   |
| $\mu_\phi$         | Valor necessário do factor de ductilidade em curvatura   |
| $\nu$              | Coefficiente de <i>Poisson</i> do solo   |
| $\nu$              | Coefficiente de redução da acção sísmica   |
| $\nu_I$            | Coefficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal                             |
| $\nu_d$            | Esforço normal reduzido para a situação de projecto sísmica  |
| $\phi_{m,min}$     | Diâmetro mínimo de dobragem dos varões   |
| $\rho'$            | Taxa de armadura de compressão   |
| $\rho_{b,min}$     | Taxa mínima de armadura nas vigas de fundação  |
| $\rho_{min}$       | Taxa mínima de armadura  |
| $\sigma_{adm}$     | Tensão admissível no solo  |
| $\sigma_{sd}$      | Valor de cálculo da tensão na secção do varão a partir do qual é medido o comprimento de amarração             |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $\Omega$                 | Coeficiente que relaciona o valor de cálculo da resistência da zona ou elemento i, com o esforço actuante na zona ou no elemento i, para a situação de projecto sísmica |
| $\omega_v$               | Taxa mecânica da armadura vertical na alma  |
| $\omega_{wd}$            | Taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas  |
| $\psi_0, \psi_1, \psi_2$ | Coeficientes de combinação  |
| $\theta$                 | Índice de sensibilidade de deslocamentos entre pisos  |
| $\theta$                 | Ângulo que define a inclinação das escoras.   |



# 1

## INTRODUÇÃO

---

A iminência da ocorrência de um sismo conduz a uma cada vez maior preocupação dos responsáveis sobre a segurança das estruturas em Portugal. Porém, o peso que a componente económica acrescenta aos dias de hoje exige uma especial atenção no dimensionamento que deve manter um certo equilíbrio entre os aspectos de segurança e os gastos que eles mesmos acarretam. No entanto, as últimas décadas permitiram aos observadores analisar o comportamento das estruturas existentes sob o efeito de acções sísmicas e retirar conclusões importantes para a decisão das melhores soluções estruturais. Não sendo possível prever a ocorrência de sismos cabe ao engenheiro idealizar dentro das suas limitações a resposta da estrutura em causa e conceber um modelo capaz de satisfazer alguns requisitos de acordo com a legislação em vigor. Actualmente, em Portugal ainda vigora o RSA e o REBAP. O *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)*, engloba os aspectos relacionados com a segurança, acções e combinação de acções enquanto o *Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP)*, refere os diferentes critérios de dimensionamento e pormenorização de armaduras. Embora estes ainda sejam os actuais regulamentos, num futuro próximo serão substituídos de forma vinculativa por um conjunto de regulamentos denominados Eurocódigos cuja zona de acção é a União Europeia que desta forma estará interligada por uma rede de normas. Como tal, o presente trabalho foi baseado nestes Eurocódigos já que representam a mudança em termos regulamentares. O projecto girou essencialmente à volta de dois Eurocódigos, o 2 e o 8. O EC2 define as verificações de segurança e respectiva pormenorização dos elementos e o EC8 encarrega-se do projecto de estruturas para resistência aos sismos. Foram tomados em conta também o EC0 e o EC1, onde se definem as bases para o

projecto e as diferentes acções respectivamente. Existe um outro importante Eurocódigo, o 7, que está relacionado com os aspectos geotécnicos, no entanto este não foi considerado pois não se realizou projecto geotécnico. Para além destes, existe o EC3, o EC4, o EC5 e o EC6 mas são fora do âmbito das estruturas de betão.

O edifício alvo de estudo, localizar-se-á na Figueira da Foz e o desenvolvimento do seu projecto foi realizado com base nas peças desenhadas fornecidas pela arquitectura. O dimensionamento do edifício baseou-se nas seguintes etapas:

- Definição do esquema estrutural;
- Pré-dimensionamento;
- Avaliação do comportamento dinâmico;
- Pormenorização das armaduras para verificação aos Estados Limites Últimos e de Utilização.

Um outro objectivo deste trabalho é também explorar as técnicas mais avançadas de cálculo pelo que é imprescindível a utilização de um programa de cálculo automático de elementos finitos – o *SAP2000* – sendo que esta é uma ferramenta que, em parceria com a experiência do projectista, oferece maior rapidez e rigor na análise das estruturas.

A estrutura do trabalho escrito divide-se em 12 capítulos. Nos capítulos 2 e 3, definem-se os materiais, as acções e as combinações de acções. No capítulo 4, referem-se alguns aspectos teóricos relacionados com o projecto sísmico e que são preconizados pelo EC8. No capítulo 5 (pré-dimensionamento) estabelecem-se as dimensões iniciais dos elementos estruturais. Os capítulos 6 e 7 abordam os aspectos analíticos do efeito do sismo e as consequências que estes têm na solução estrutural. O capítulo 8 é o maior capítulo deste trabalho e onde estão expostos todos os critérios de dimensionamento e a pormenorização dos elementos. Por fim, o capítulo 11 reúne as peças desenhadas que dão corpo ao projecto em estudo.

### **1.1. Bases arquitectónicas e solução estrutural**

O âmago da concepção de uma estrutura assenta em três pontos essenciais, compatibilização arquitectónica, cumprimento da segurança e viabilidade económica. Estes três elementos são indissociáveis e estão intrinsecamente relacionados durante toda a fase de concepção. Numa primeira fase é importante saber interpretar a arquitectura do edifício, e de preferência estabelecer uma relação de cooperação com o arquitecto, e em seguida encontrar uma solução estrutural coerente e compatível com essa solução. É nesta fase que se inicia o pré-dimensionamento dos elementos estruturais como lajes, vigas, pilares, escadas e pilares.

Especificamente em relação ao edifício em estudo, este destina-se a um edifício de habitação, futuramente situado na Figueira da Foz e comporta uma distribuição bastante irregular em planta com cerca de  $475\text{m}^2$  de área de implantação. É um edifício, portanto multifamiliar, com 4 pisos elevados e uma cave destinada a estacionamento automóvel. Cada piso tem duas fracções e os seus acessos são feitos ou através de elevador ou por escadas. Os pisos são em tudo semelhantes excepto a cave que tem um pé-direito diferente de todos os outros, passando de 3,10m para 2,7m. O último piso (cobertura), tem ainda um acesso pelo núcleo de elevador bem como pelas escadas uma vez que é acessível para trabalhos de manutenção de equipamentos. A entrada principal encontra-se a noroeste e a o acesso à cave encontra-se a sudoeste. Existem ainda dois arruamentos, a rua Manuel dos Santos Almeida e a rua D. Afonso IV bem como dois edifícios contíguos.

A solução estrutural encontrada consiste numa estrutura reticulada viga-pilar em betão armado suportando lajes maciças. Devido à irregularidade em planta foi difícil estabelecer alinhamentos perpendiculares de pilares. A contenção de terras ao nível da cave é realizada através de muros de betão armado.

Em relação aos pilares, alguns nascem na cave e outros nascem apenas no piso 0. As suas dimensões variam entre  $0,30 \times 0,30\text{m}^2$  e  $1,20 \times 0,30\text{m}^2$  havendo ainda algumas paredes. O núcleo de elevador é constituído por três paredes com uma espessura de 0,21m. Tanto as lajes como as escadas têm uma espessura constante de 0,20m. As vigas têm alturas diferentes em função do vão, e variam entre 0,40m e 0,95m.

Toda a pormenorização destes elementos encontra-se nas respectivas plantas anexadas no final.

# 2

## MATERIAIS

---

Os materiais a utilizar numa determinada estrutura são definidos por um conjunto de regulamentos que estabelecem parâmetros a cumprir em função do tipo de edifício bem como das suas características próprias. Para isso dever-se-á analisar em conjunto os EC0, EC2 e EC8.

A escolha dos materiais deve-se iniciar pela determinação do tempo de vida útil e da classe do edifício. Estes parâmetros são escolhidos com base no cl. 2.3 (1) do EC0, quadro 2.1. Uma vez que o edifício se encontra na categoria das estruturas de edifícios e outras estruturas correntes, o seu tempo de vida útil cifra-se nos 50 anos e a respectiva classe é a S4. Seguidamente deve-se atender à classe de exposição a que os vários elementos se encontram sujeitos. Analisando então o quadro 4.1 do EC2 conclui-se que a classe de exposição em termos de condições ambientais mais comum, e porque o edifício se encontra junto à costa marítima, é a XS1.

### **2.1. Betão**

A Norma a ser consultada para a escolha do tipo de betão deve ser a NP EN 206-1. A classe de exposição é o parâmetro mais determinante nesta fase. Definida então a classe de exposição (XS1), e analisando o quadro NA-E.1N do EC2, conclui-se que o betão a utilizar deverá ser o C30/37. É de referir, ainda que sem grande importância, que o EC8 pelo cl. 5.4.1.1(1)P obriga a utilização de classes iguais ou superiores a C16/20 nas zonas críticas dos elementos. Em seguida apresentam-se as características mecânicas do betão utilizado.

| Betão C30/37  |                      |
|---------------|----------------------|
| $f_{ck}$      | 25 MPa               |
| $f_{cd}$      | 16,70MPa             |
| $f_{ctm}$     | 2,60MPa              |
| $f_{ctk0.05}$ | 2,00MPa              |
| $f_{ctk0.95}$ | 3,80MPa              |
| $E_{cm}$      | 31 GPa               |
| $\nu_c$       | 0,20                 |
| $\gamma_c$    | 24 kN/m <sup>3</sup> |

**Tabela 2.1 – Características mecânicas do betão utilizado**

## 2.2. Aço

A escolha do aço deve atender ao cl. 5.3.2 do EC8 que refere a necessidade de utilizar, nas zonas críticas dos elementos primários, aços da classe B ou C, segundo a classificação existente no Anexo C do EC2. Esta referência deve-se ao facto de se ter de considerar a plastificação das armaduras nessas zonas. Antecipando aquilo que vai ser explicado mais à frente o aço a utilizar deve ser um aço de alta ductilidade uma vez que só assim é possível explorar a capacidade que a estrutura tem em se deformar para além da fase elástica e aumentar a capacidade de absorção da energia dissipada por um sismo. Posto isto, o aço utilizado neste edifício foi o A500 NR SD. Em seguida apresentam-se as características mecânicas do aço utilizado.

| Aço A500 NR SD  |                      |
|-----------------|----------------------|
| $f_{yk}$        | 500 MPa              |
| $f_{yd}$        | 434 MPa              |
| $E_s$           | 210 GPa              |
| $\epsilon_{yd}$ | 0,002175             |
| $\epsilon_{uk}$ | 7,5                  |
| $\gamma_s$      | 77 kN/m <sup>3</sup> |

**Tabela 2.2 - Características mecânicas do aço utilizado**

Acrescenta-se ainda que o EC2 aponta para a utilização do método dos coeficientes parciais de segurança. No que concerne ao betão e ao aço os coeficientes a serem utilizados podem ser consultados no quadro 2.1N do EC2 e são respectivamente 1,5 ( $\gamma_c$ ) e 1,15 ( $\gamma_s$ ).

# 3

## ACÇÕES

---

As acções bem como a combinação de acções a considerar foram definidas pelos EC0 e EC1.

### 3.1. Cargas permanentes

As cargas permanentes presentes numa estrutura dividem-se em dois conjuntos sendo um deles o conjunto do peso próprio e o outro conjunto, o dos pesos dos materiais não estruturais como a alvenaria e revestimentos denominando-se por restante carga permanente (RCP). Em seguida apresenta-se um quadro resumo das RCP utilizadas.

| Características das RCP        | Valor                 |
|--------------------------------|-----------------------|
| Revestimentos dos pisos        | 1,00kN/m <sup>2</sup> |
| Revestimentos na cobertura     | 2,50kN/m <sup>2</sup> |
| Paredes de alvenaria com 0,30m | 3,20kN/m <sup>2</sup> |
| Paredes de alvenaria com 0,15m | 2,10kN/m <sup>2</sup> |

Tabela 3.1 – Valor das restantes cargas permanentes

A alvenaria interior (alvenaria com 0,15cm de espessura) foi simulada no modelo através de uma carga uniformemente distribuída de superfície ao longo de todo o pavimento dos vários pisos. Para chegar ao respectivo valor utilizou-se o indicado no cl.15 do RSA:

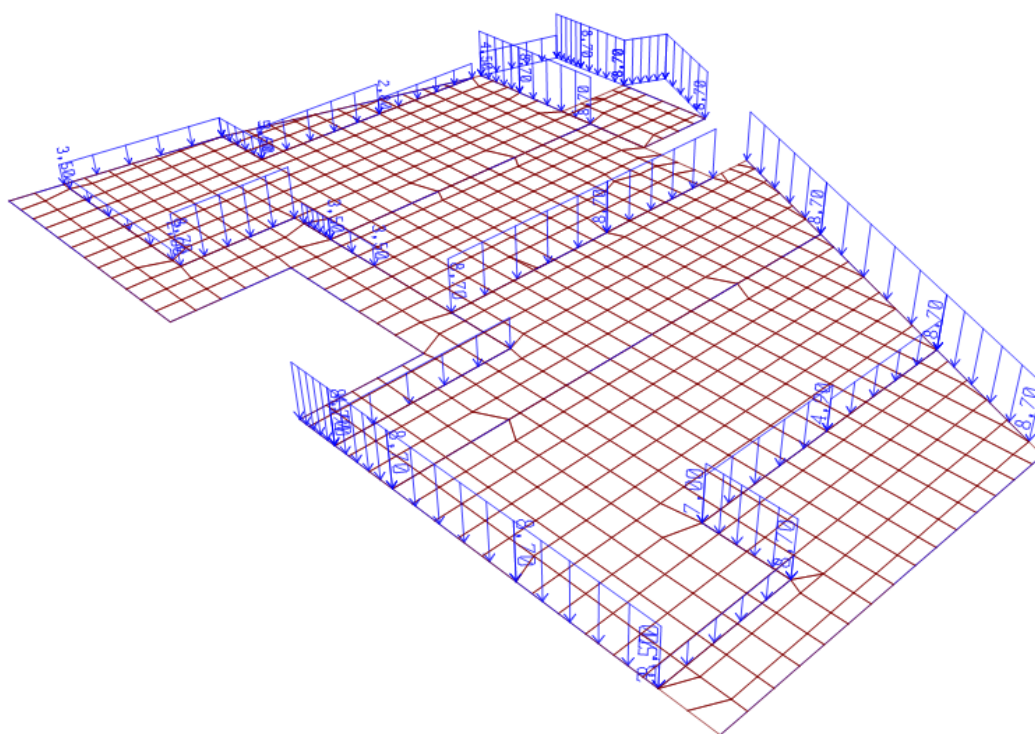
$$g = g_p \times h \times 0,30 \quad (3.1)$$

Em que:

- $g_p$  - Peso próprio da parede por unidade de área (kN/m<sup>2</sup>);
- $h$  – Altura da parede (m).

O valor obtido para carga uniformemente distribuída equivalente ao peso das paredes divisórias foi de  $1,83\text{kN/m}^2$ .

Em relação às paredes exteriores e paredes interiores com 0,30m de espessura, foi analisado caso a caso e aplicou-se uma carga linear e uniforme ao nível da respectiva viga de suporte. Apresenta-se um exemplo das cargas aplicadas nas vigas do piso 3:



**Figura 3.1 – Peso das paredes exteriores aplicado nas vigas do piso 3**

### **3.2. Sobrecargas**

As sobrecargas aplicadas foram determinadas através do prescrito nos quadros 6.1 e 6.2 do EC1.

A categoria de utilização admitida foi a A que é a que corresponde a actividades domésticas e residenciais e a que mais se adequa ao edifício em estudo.

Passando para o quadro 6.2, encontramos as sobrecargas a aplicar de acordo com a categoria de utilização. Em seguida apresenta-se um quadro resumo das cargas utilizadas:

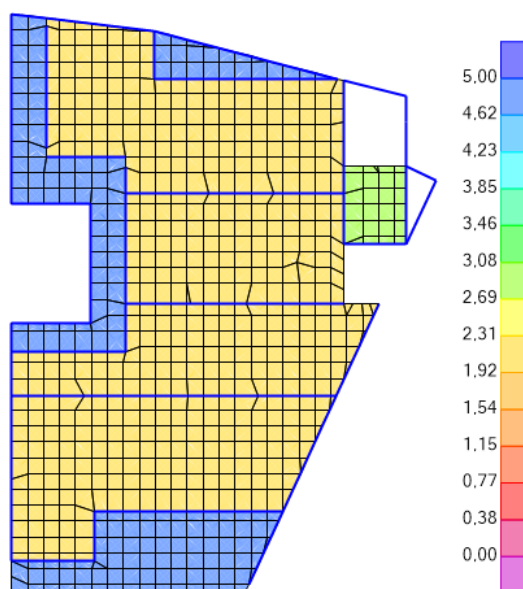


| Categoria de zonas carregadas | Valor                 |
|-------------------------------|-----------------------|
| Categoria A                   |                       |
| Pavimentos                    | 2,00kN/m <sup>2</sup> |
| Escadas                       | 3,00kN/m <sup>2</sup> |
| Varandas                      | 4,00kN/m <sup>2</sup> |

**Tabela 3.2 - Valores das sobrecargas**

Em relação à cobertura o valor utilizado é obtido através dos quadros 6.9 e 6.10 do EC1. Analisando o quadro 6.9, a categoria indicada é a H. Para esta categoria o valor da sobrecargas recomendado é 0,40kN/m<sup>2</sup>.

Seguidamente mostra-se a distribuição de sobrecargas no piso 2 que é semelhante à dos restantes.



**Figura 3.2 - Distribuição de sobrecargas no piso 2**

### 3.3. Acção sísmica

Não sendo possível prever de forma determinística a ocorrência de sismos, resta apenas antecipar os seus efeitos e adoptar um conjunto de medidas preventivas baseadas em metodologias probabilísticas de forma a dar garantia de resistência aos edifícios. A caracterização da acção sísmica torna-se assim um importante vector de segurança e serve de auxílio ao projecto da estrutura. Esta caracterização deve ter como base a sismicidade histórica, a sismicidade instrumental e a evidência geológica [1]. Estes três factores são determinados a partir dos pressupostos apresentados no EC8 e que serão evidenciados em seguida.

De uma forma geral, as estruturas devem ser dimensionadas tendo em conta a ocorrência de uma acção sísmica – movimento sísmico da superfície do terreno – que pelo EC8 pode ser definida por *espectro de resposta elástico*. O dimensionamento sísmico deve garantir às estruturas características de rigidez e resistência de forma que a resposta dinâmica global das mesmas seja satisfatória perante uma acção sísmica. Como tal, as estruturas devem ser dimensionadas para:

- Garantir a segurança e protecção das vidas humanas;
- Resistirem sem danos estruturais e não estruturais a sismos fracos ou moderados que possam ocorrer com maior probabilidade durante o período de vida da estrutura;
- Resistirem a sismos moderados, tais como aqueles que são esperados acontecerem mais do que uma vez na sua vida útil, com insignificantes danos estruturais e alguns danos não estruturais;
- Sobreviver a sismos de grande intensidade admitindo consideráveis, mas reparáveis, danos nos elementos estruturais, garantindo porém uma probabilidade de colapso suficientemente baixa;
- Garantir a operação e funcionalidade das estruturas mais importantes para a protecção civil.

Observando o cl. 2.1 (1) do EC8, as estruturas em regiões sísmicas devem ser projectadas de modo a garantir dois requisitos essenciais:

- Requisito de não ocorrência de colapso – traduz-se na garantia de resistência à acção sísmica de cálculo, mantendo-se a integridade estrutural e capacidade residual depois do sismo. Este requisito está ligado ao Estado Limite Último e a acção sísmica em causa é a de projecto cuja probabilidade de ocorrência é de 10% em 50 anos (período de retorno de 475 anos);
- Requisito de limitação de danos – com este requisito o EC8 faz garantir a resistência a uma acção sísmica (de serviço) cuja probabilidade de ocorrência seja maior que a de cálculo – 10% em 10 anos (período de retorno de 95 anos) - sem a ocorrência de danos com consequências económicas demasiado elevadas.

### **3.3.1. Comportamento dinâmico de edifícios**

Para que se entenda melhor o efeito da acção sísmica é fundamental conhecer o comportamento dinâmico que cada edifício apresenta. De uma forma breve, isso irá ser abordado em seguida revelando-se apenas algumas das ideias essenciais da caracterização dinâmica estrutural.

Os sismos induzem nas estruturas movimentos que provocam alterações aos seus estados de equilíbrio. Por sua vez, esses movimentos, variáveis no tempo, originam forças de inércia que são proporcionais à massa do edifício, e às acelerações sofridas por esta. É aqui que entra a Lei de Newton ( $F=M.a$ ). Para além de forças de inércia, existem outros tipos de forças que garantem o equilíbrio dinâmico do sistema. São elas, forças de amortecimento, forças de restituição elástica e as forças exteriores aplicadas. As primeiras estão relacionadas com a propriedade que as estruturas têm em conseguir reduzir a amplitude do movimento imposto ao longo do tempo, ou por outras palavras, a capacidade dissipativa de energia que cada edifício tem. As forças de restituição elásticas são proporcionais à rigidez e ao deslocamento que o edifício sofre. O edifício por ter uma componente elástica associada é capaz de “contrariar” o deslocamento, podendo ou não, voltar à sua posição inicial. Conhecidas estas forças é possível caracterizar a resposta do edifício às forças exteriores aplicadas. [1]

### **3.3.2. Tipos de acções sísmicas**

Segundo o EC8 existem dois tipos de fontes sísmicas que são caracterizadas separadamente. Estas fontes, denominadas em diante por acções sísmicas, distinguem-se principalmente pela distância focal.

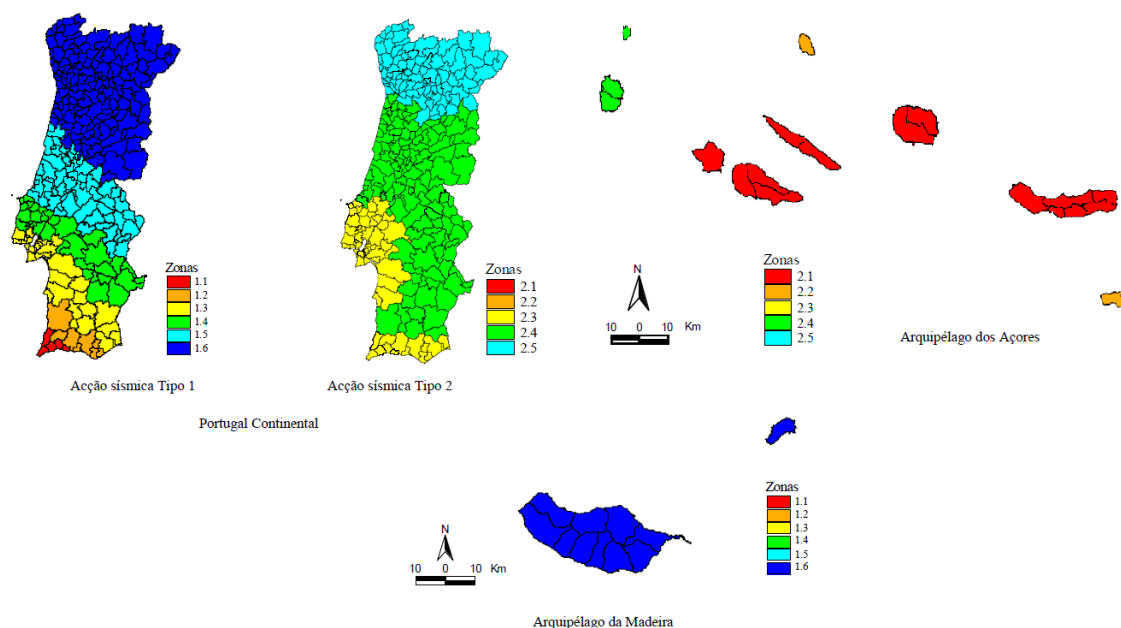
- Acção sísmica tipo 1 (sismo afastado) – acção caracterizada por sismos a grandes distâncias focais, de elevada magnitude, com elevada duração e baixas frequências. São acções associadas à falha que separa as placas tectónicas europeia e africana e que se desenvolve ao sul do território, designando-se por interplacas;
- Acção sísmica do tipo 2 (sismo próximo) – acção caracterizada por sismos a curtas distâncias focais, de magnitude moderada (equivalente a 5 na escala de Richter), com baixa duração e elevadas frequências. Estas acções ocorrem no interior da placa europeia e designam-se por intraplacas.

Estas duas acções têm de ser consideradas em simultâneo no cálculo pois a estrutura como tem várias frequências próprias, associadas aos seus modos de vibração, desconhece-se qual das duas irá ser mais desfavorável.

A definição da acção sísmica depende do zonamento sísmico, tipo de solo e classe de importância da estrutura.

### 3.3.3. Zonamento sísmico

Segundo o EC8, o território nacional encontra-se dividido em várias zonas sísmicas e estas são classificadas pelas autoridades nacionais consoante a sua actividade sísmica. A classificação da actividade sísmica é baseada na aceleração máxima à superfície do terreno cujo valor corresponde ao período de retorno de referência para o requisito de não colapso. A este requisito é atribuído um coeficiente de importância ( $\gamma_I$ ) igual a 1,0 que poderá ser corrigido de acordo com a importância que a estrutura tiver para a protecção civil e segurança pública. A delimitação geográfica encontra-se pormenorizada no Anexo Nacional do EC8 e poderá ser representada graficamente da seguinte maneira.



**Figura 3.3 - Zonamento sísmico (adaptada do EC8)**

No caso em estudo, tratando-se da Figueira da Foz, os zonamentos sísmicos são 1.5 e 2.4 respectivamente para a acção do tipo 1 e tipo 2.

### 3.3.4. Tipo de terreno

O tipo de terreno também tem influência na definição da acção sísmica e este deve ser classificado de acordo com o estudo geotécnico para o local de construção. Contudo o relatório geotécnico não foi fornecido admitindo-se um solo do tipo C – areias compactas. Os vários tipos de solo são especificados no quadro 3.1 to EC8.

### 3.3.5. Classe de importância

Como referido anteriormente cada estrutura tem uma classificação de importância que é função das consequências de colapso em termos de vidas humanas, importância para a segurança pública e protecção civil e consequências sociais e económicas. O EC8 estabelece 4 classes distintas (cl. 4.2.5(1)) e observando o quadro 4.3, a classe adequada à estrutura em estudo é a II – edifícios correntes, sendo o seu coeficiente ( $\gamma_I$ ) igual a 1.0.

### 3.3.6. Espectro de resposta horizontal

Analizados os parâmetros anteriores estão reunidas as condições necessárias para a definição do espectro de resposta horizontal que não é mais que a representação quantitativa do movimento sísmico de um dado ponto à superfície do terreno (cl. 3.2.2.1(1) do EC8). Esta é uma das três formas possíveis de caracterizar a acção sísmica e aquela que o EC8 aconselha. A caracterização através deste meio não produz uma representação directa da acção mas sim os seus efeitos sobre um conjunto de osciladores lineares com um grau de liberdade que simulam uma gama de frequências comuns em edifícios correntes [2]. Ao se excitar esse conjunto de osciladores obtêm-se os valores das acelerações do solo que irão ser usados na análise da resposta da estrutura. Em termos analíticos estes espectros obtêm-se através de quatro equações que se mostram em seguida:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (3.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (3.3)$$

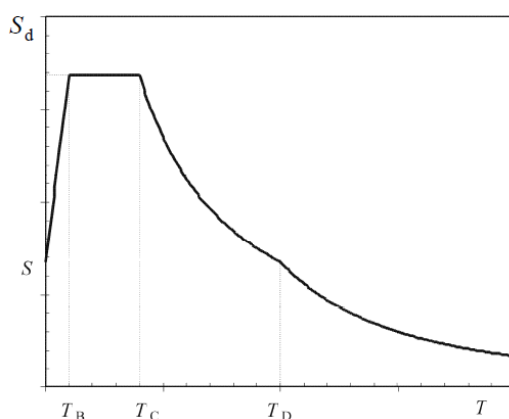
$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] \quad (3.4)$$

$$T_D \leq T: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (3.5)$$

Em que:

- $S_d(T)$  – Espectro de resposta elástica;
- $T$  – Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade;
- $a_g$  – Valor de cálculo da aceleração à superfície do terreno;
- $T_B$  – Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $T_C$  – Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $T_D$  – Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $S$  – Coeficiente de solo (NA – 3.2.2.2(2)P);

E o aspecto gráfico tipo é o seguinte:



**Gráfico 3.1 - Espectro de resposta horizontal tipo para estruturas de betão armado (coef. de amortecimento 5%)**

### 3.3.7. Coeficiente de comportamento

A capacidade que uma estrutura tem para suportar um sismo sem colapsar, está associada à formação de mecanismos de dissipação de energia através da possibilidade dos seus elementos suportarem deformações para além do regime elástico sem perda significativa de rigidez e resistência. Esta capacidade, designada por ductilidade disponível, está ligada não só às características do sistema estrutural como também, em grande parte, aos processos de dimensionamento sísmico ao nível do projecto. Contudo uma análise explicitamente não elástica acarretaria enormes custos e prazos que colocariam em causa a viabilidade desta prática. Para se evitar então a análise puramente não-elástica, o EC8 permite a introdução de um coeficiente de

comportamento ( $q$ ) que reduz os valores obtidos no espectro de resposta elástica dando origem a um outro designado por espectro de cálculo. Este coeficiente de uma forma geral, estima os valores que se obteriam numa análise não-elástica. A utilização deste coeficiente pressupõe um bom controlo do mecanismo de rotura. Para isso deve ser explorada a ductilidade disponível de todos os elementos estruturais sobretudo nas zonas críticas que são zonas de aparecimento de rótulas plásticas. A determinação quantitativa deste valor será fruto de análise efectuada mais adiante já que da análise rigorosa da estrutura em termos sísmicos sobretudo ao nível do tipo de sistema e classe de ductilidade.

Para o caso em estudo apresenta-se na seguinte tabela os valores referentes aos parâmetros definidos:

| Acção sísmica | $a_g(m/s^2)$ | S    | $T_B(s)$ | $T_C(s)$ | $T_D(s)$ | q   |
|---------------|--------------|------|----------|----------|----------|-----|
| Tipo 1.5      | 0,6          | 1,68 | 0,1      | 0,6      | 2,0      | 2,0 |
| Tipo 2.4      | 1,1          | 1,58 | 0,1      | 0,25     | 2,0      | 2,0 |

Tabela 3.3 - Características do espectro de resposta para o edifício em estudo

No entanto, no programa de cálculo automático, o espectro usado é o de cálculo (que sofre o efeito do coeficiente de comportamento) que se obtém utilizando as seguintes expressões:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.6)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.7)$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.8)$$

$$T_D \leq T: S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{T} \cdot \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.9)$$

Em que:

- $S_d(T)$  – Espectro de resposta elástica;

- $T$  – Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade;
- $a_g$  – Valor de cálculo da aceleração à superfície do terreno;
- $T_B$  – Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $T_C$  – Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $T_D$  – Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $S$  – Coeficiente de solo (NA – 3.2.2.2(2)P);
- $\beta$  – Coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo horizontal (valor recomendado 0,2);
- $q$  – Coeficiente de comportamento.

### 3.3.8. Componente vertical da acção sísmica

Uma vez, que no edifício em estudo não existem elementos que descarreguem directamente a meio de vigas, grandes vãos ou grandes consolas, decidiu-se desprezar o estudo da componente vertical da acção sísmica.

## 3.4. Combinações de acções

O método dos coeficientes parciais de segurança juntamente com o método dos estados limites consiste em verificar para todos os EL relevantes a seguinte condição:

$$E_d \leq R_d \quad (3.10)$$

Em que:

- $E_d$  – representa o valor de cálculo do efeito das acções;
- $R_d$  – representa o valor de cálculo de resistência.

Importa referir 3 regras fundamentais para a aplicação da combinação de acções:

- As acções permanentes estão sempre presentes mas não são majoradas quando os seus efeitos são favoráveis;
- As acções variáveis só são consideradas se os seus efeitos forem desfavoráveis;



- Só devem ser consideradas acções cuja probabilidade de ocorrerem simultaneamente seja verosímil.

Segundo o EC0, existem 4 situações de projecto e são elas, as persistentes, transitórias, acidentais e sísmicas.

### 3.4.1.Estados limites últimos

Em relação às situações persistentes ou transitórias existe como combinação fundamental, cl.6.4.3.2 do EC0:

$$E_d = E \left( \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} \cdot G_{jk} + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ik} \right) \quad (3.11)$$

As combinações acidentais não foram consideradas neste trabalho pois não houve necessidade de tal.

Outra importante combinação que recai na categoria da situação sísmica é a seguinte combinação, cl. 6.4.3.4 do EC0:

$$E_d = E \left( \sum_{j=1}^m G_{jk} + P + A_{Ed} + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik} \right) \quad (3.12)$$

### 3.4.2.Estados limites de utilização

O EC0, em relação a estes estados limites prevê 3 combinações:

- Combinação característica (cl. 6.5.3 (a) – EC0):

$$E_d = E \left( \sum_{j=1}^m G_{jk} + P + Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{0i} \cdot Q_{ik} \right) \quad (3.13)$$

- Combinação frequente (cl. 6.5.3 (b) – EC0):

$$E_d = E \left( \sum_{j=1}^m G_{jk} + P + \psi_{11} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik} \right) \quad (3.14)$$

- Combinação quase permanente (cl. 6.5.3 (c) – EC0):

$$E_d = E \left( \sum_{j=1}^m G_{jk} + P + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik} \right) \quad (3.15)$$

Em que:

- $E_d$  – Valor de dimensionamento para o efeito de uma acção;
- $G_k$  – Valor característico de uma acção permanente;
- $Q_{ik}$  – Valor característico de uma acção variável;
- $Q_{1k}$  – Valor característico de uma acção variável base;
- $P$  – Valor representativo de uma acção de pré-esforço;
- $\gamma_G$  – Coeficiente parcial para as acções permanentes;
- $\gamma_Q$  – Coeficiente parcial para as acções variáveis;
- $\gamma_P$  – Coeficiente parcial para as acções de pré-esforço;
- $\psi_0$  – Coeficiente de combinação para as acções variáveis;
- $\psi_1$  – Coeficiente de combinação frequente para as acções variáveis;
- $\psi_2$  – Coeficiente de combinação quase-permanente para as acções variáveis;
- $A_{Ed}$  – Valor de cálculo para a acção sísmica;
- “+” – Significa, “combinado com”.

Os coeficientes parciais foram obtidos a partir da tabela A1.2 (B) do EC0 e são:

|            |      |
|------------|------|
| $\gamma_G$ | 1,35 |
| $\gamma_Q$ | 1,50 |

**Tabela 3.4 - Coeficientes parciais de segurança**

# 4

## PROJECTO SÍSMICO DE EDIFÍCIOS – ASPECTOS TEÓRICOS

---

Como referido anteriormente, a fase de projecto é de extrema importância pois é nesta fase que se tomam disposições construtivas com o intuito de garantir um comportamento estrutural satisfatório na presença de sismos de grande intensidade. O projecto sísmico de edifícios prevê e controla antecipadamente o modelo de rotura, evitando-se danos globais ou locais indesejáveis, bastando para isso dar especial atenção aos elementos estruturais nomeadamente, às zonas críticas. Garante-se assim que a dissipação histerética se faz de uma forma estável levando a uma exploração da ductilidade da estrutura.

Deste modo, torna-se importante conhecer o comportamento sísmico da estrutura e as características da sua resposta em regime não-elástico. A escolha do sistema estrutural deve ser feita por forma garantir, com custos aceitáveis, a satisfação dos requisitos indicados anteriormente.

Resumidamente e de acordo com o EC8, uma boa concepção estrutural deve dar primazia aos seguintes princípios:

- Simplicidade estrutural;
- Uniformidade, simetria e redundância da estrutura;
- Resistência e rigidez nas duas direcções;
- Resistência e rigidez à torção;
- Acção de diafragma ao nível dos pisos;
- Fundação adequada.

Em relação ao primeiro princípio, uma estrutura simples e clara, no que respeita às suas linhas e trajectórias, reduzirá o nível de incerteza quanto ao comportamento sísmico. Estruturas uniformes e simétricas, tanto em planta como em altura, são estruturas cuja distribuição dos elementos estruturais é regular e bem definida, reduzindo a transmissão das forças de inércia e evitando zonas de maiores tensões. O facto de ser importante garantir à estrutura resistência e rigidez nas direcções em que se desenvolve tem a ver com o fenómeno do sismo ser multidireccional. Aconselha-se portanto o uso de uma malha ortogonal. No caso em estudo, isso não foi possível uma vez que o edifício em planta apresenta alguma irregularidade e o posicionamento dos pilares, de modo a evitar tanto quanto possível a obstrução dos espaços, dificultaram o uso de uma malha ortogonal nas duas direcções. Os pisos devem funcionar como diafragmas rígidos pois são eles que transmitem as forças de inércia aos restantes elementos estruturais tendo um papel importante no comportamento global da estrutura. Por último, as fundações devem garantir uma excitação sísmica uniforme a todo o edifício, privilegiando-se o uso de vigas de fundação nas duas direcções.

O EC8 pelo cl. 4.2.2, distingue elementos sísmicos primários de secundários, podendo-se assim escolher um certo número de elementos que não têm de pertencer ao sistema resistente, sendo necessário dimensioná-los para resistir apenas às forças gravíticas e em simultâneo aos deslocamentos sísmicos. No caso em estudo, não se consideraram elementos sísmicos secundários.

#### **4.1. Regularidade estrutural**

Os critérios de regularidade estrutural terão influência na determinação dos modelos e métodos de análise e no coeficiente de comportamento da estrutura.

##### **4.1.1. Regularidade em planta**

Segundo o cl. 4.2.3.2 do EC8, uma estrutura para ser regular em planta terá de cumprir um conjunto de condições, a saber:

- A rigidez lateral e distribuição de massas devem ser aproximadamente simétricas em planta em relação a dois eixos ortogonais;
- A configuração em planta deve ser clara e delimitada por uma linha poligonal convexa. Poderá no entanto haver recuos em relação a essa linha mas só se a área entre o recuo e a linha for inferior a 5% da área total do piso;

- A rigidez dos pisos deve ser de tal modo grande em relação aos elementos verticais, de modo que não haja influência das suas deformações;
- A esbelteza  $\lambda = L_{\max}/L_{\min}$  do edificio em planta não deve ser superior a 4;
- A cada nível e para cada direcção de cálculo  $x$  e  $y$  a excentricidade estrutural  $e_0$  e o raio de torção  $r$  devem verificar as duas condições seguintes, expressas para a direcção de cálculo  $y$ :

$$e_{ox} \leq 0,30 \cdot r_x \quad (4.1)$$

$$r_x \geq l_s \quad (4.2)$$

Em que:

- $e_{ox}$  – Distância entre o centro de rigidez e o centro de gravidade, medida segundo a direcção  $x$ , perpendicular à direcção de cálculo considerada;
- $r_x$  – Raiz quadrada da relação entre a rigidez de torção e a rigidez lateral na direcção  $y$ ;
- $l_s$  – raio de giração da massa do piso em planta.

#### **4.1.2. Regularidade em altura**

Para que uma estrutura seja classificada como regular em altura tem de cumprir as seguintes condições:

- Todos os elementos de resistência a acções laterais devem ser contínuos desde a fundação até ao topo, ou até à zona relevante do edifício caso haja recuos;
- A rigidez lateral e a massa de cada piso permanecem constantes desde a base até ao topo;
- No caso de edifícios porticados, a relação entre a resistência real do piso e a resistência requerida pelo cálculo não deve variar desproporcionadamente;
- No caso de haver recuos, deve adicionalmente verificar as seguintes condições:
  - Se o recuo for gradual, o recuo em cada piso não deve ser superior a 20% da dimensão em planta do nível inferior na direcção do recuo;
  - No caso de haver apenas um recuo, e esse recuo ser nos primeiros 15% da altura total, o recuo não deve ser superior a 50% da dimensão em planta do piso inferior;

- No caso de recuos não simétricos, a soma, em cada lado, dos recuos de todos os pisos não deve ser superior a 30% da dimensão em planta, e cada recuo não deve ser superior a 10% da dimensão em planta do nível inferior.

## **4.2. Classificação do sistema estrutural**

Segundo o cl. 5.1.2 do EC8, existem 7 sistemas estruturais diferentes e são classificados consoante a percentagem de forças absorvidas e rigidez de torção. Para já, adianta-se que o sistema estrutural escolhido para o caso em estudo é sistema de paredes (sistema torsionalmente flexível), o que irá ser justificado mais à frente.

- Classe de ductilidade

Por motivos já referidos, uma estrutura deve ser dúctil e como tal, o EC8 propões 3 classes de ductilidade (cl. 5.2.1) e são elas:

- Classe de ductilidade baixa (DCL) – Estruturas que respondem em regime elástico em que a resistência à acção sísmica é condicionada pela capacidade resistente dos elementos estruturais e não pela sua ductilidade. Esta classe é indicada apenas em casos de baixa sismicidade;
- Classe de ductilidade média (DCM) – Estruturas com altos níveis de plasticidade e para as quais o dimensionamento e pormenorização são realizados com disposições específicas (que serão vistas mais à frente);
- Classe de ductilidade alta (DCH) – Estruturas com níveis de plasticidade ainda maiores que as estruturas DCM e com pormenorizações complexas.

A classe de ductilidade escolhida para o caso em estudo é a DCM.

## **4.3. Dimensionamento DCM**

Antes de se iniciar a exposição das regras específicas de estruturas DCM, importa abordar a filosofia de cálculo indicada pelo EC8 (cl. 5.2.3.3) – o *capacity design*.

### **4.3.1.Capacity design**

*Capacity design*, ou cálculo pela capacidade real, é um conceito ou método de dimensionamento que explora as capacidades de flexão de zonas críticas (denominadas rotulas plásticas) de elementos estruturais da estrutura, baseado no comportamento da

resposta da mesma a acções sísmicas. Este comportamento reflecte-se pelos pressupostos que a acção sísmica é de carácter dinâmico e as forças impostas aumentam gradualmente até que a estrutura atinge o estado de quase colapso e a plastificação das zonas críticas ocorrem simultaneamente (ou não) em locais predeterminados formando um sistema de colapso do tipo dúctil. Para o caso de sistemas porticados deve ser estabelecida uma hierarquia de resistência em que o pilar é mais forte que as vigas adjacentes (conceito de pilar forte - viga fraca). Para o caso de sistemas de paredes, as rótulas poder-se-ão formar nos pilares desde que as paredes sejam dimensionadas tendo em conta os requisitos do *Capacity Design* para estas. As rótulas ao formarem-se na base das paredes, fazem com que estas passem a ter movimento de corpo rígido articulado na base e com isso os deslocamentos relativos entre pisos são controlados e assim evitam-se mecanismos parciais (por exemplo mecanismos de *soft-storey*).[3].

Em relação às vigas há que ter o especial cuidado de as dimensionar tendo em conta a real capacidade das armaduras. A plastificação ao dar-se nas vigas é desejável que o colapso seja por flexão e não por esforço transversal. Por esta razão o esforço transversal resistente tem de ser maior não só que o actuante, devido às cargas gravíticas (de cálculo) mas também contando com a capacidade real das armaduras, isto é, incluindo os momentos resistentes das extremidades das vigas (cl. 5.4.2.2 (2) a)). O mesmo princípio deve ser aplicado aos pilares.

É de referir que o programa usado para o dimensionamento do edifício em estudo introduz automaticamente este método no cálculo, fornecendo os valores correctos de armadura longitudinal e transversal.

#### **4.3.2.Materiais**

O EC8, estabelece um conjunto de requisitos em relação aos materiais a usar, nomeadamente o betão que tem de ter uma classe de resistência superior a C16/20 e o aço terá de pertencer à classe de ductilidade B ou C.

#### **4.3.3.Restrições geométricas**

Aqui apresentam-se apenas as restrições que foram tomadas em consideração para o edifício em estudo.

Começando pelas vigas e mais concretamente pelo cl. 5.4.1.2 (2), a distância entre os eixos dos centros de gravidade do pilar e da viga tem de ser inferior a  $b_c/4$  sendo  $b_c$  a

maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular ao eixo longitudinal da viga.

A largura das vigas sísmicas deve satisfazer a seguinte condição:

$$b_w \leq \min\{b_c + h_w; 2 \cdot b_c\} \quad (4.3)$$

Em que:

- $b_w$  – Largura da viga;
- $b_c$  – Largura do pilar;
- $h_w$  – altura da viga.

Em relação aos pilares não se teve de obedecer a nenhuma condição em particular.

A espessura da alma das paredes dúcteis ( $b_{w0}$ ) deve satisfazer a seguinte expressão:

$$b_{w0} \geq \max\{0,15, h_s/20\} \quad (4.4)$$

Em que:

- $h_s$  – Altura livre entre pisos.

#### **4.3.4. Coeficiente de comportamento**

Para finalizar este capítulo, falta explicar o conceito de coeficiente de comportamento e expor a forma de o obter.

Com o intuito de evitar uma análise não elástica, o EC8 permite o uso de um coeficiente de comportamento que não é mais que o factor de proporcionalidade entre o valor que uma grandeza (deslocamento, tensão, esforço, etc.) assume se a estrutura responder ao sismo em regime linear e o valor da mesma grandeza se a resposta se der em regime não linear [3]. É portanto o coeficiente de correcção dos valores que se obteriam se a análise fosse somente linear. Permite assim uma redução dos valores em causa, partindo do pressuposto que a estrutura tem capacidade de se deformar para além do regime elástico fazendo com que o dimensionamento da estrutura seja mais eficiente em termos sobretudo económicos. Evita pois, estruturas mais robustas.

Este coeficiente obtém-se através da seguinte expressão (cl. 5.2.2.2 (1)P do EC8):



$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (4.5)$$

Em que:

- $q_0$  – Valor básico do coeficiente de comportamento, estabelecido de acordo com o sistema estrutural e regularidade em altura da estrutura;
- $k_w$  – Coeficiente que define o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de paredes.

O valor  $q_0$  obtém-se através do quadro 5.1 do EC8.

| Tipo estrutural  | DCM                             | DCH                             |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Sistema porticado, sistema misto, sistema de paredes acopladas | $3,0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ | $4,5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ |
| Sistema de paredes não acopladas                               | 3,0                             | $4,0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ |
| Sistema torsionalmente flexível                                | 2,0                             | 3,0                             |
| Sistema de pêndulo invertido                                   | 1,5                             | 2,0                             |

**Tabela 4.1 - Valores básicos do coeficiente de comportamento para estruturas regulares em altura**

Caso o edifício seja não regular em altura o valor  $q_0$  deve ser reduzido em 20% (art. 5.2.2.2 (3)).

Os factores  $\alpha_u$  e  $\alpha_1$  são definidos da seguinte forma:

- $\alpha_u$  – Multiplicador da acção sísmica correspondente à formação de um mecanismo de rotura;
- $\alpha_1$  – Multiplicador da acção sísmica correspondente à formação da primeira rótula plástica.

Estes factores podem ser obtidos da seguinte forma:

- Sistemas porticados ou sistemas equivalentes a pórticos:
  - Edifício de um só piso:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,1$ ;
  - Edifícios de vários pisos, pórticos com um só tramo:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,2$ ;
  - Edifícios de vários pisos, pórticos ou sistemas mistos equivalentes a pórticos com vários tramos:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$ ;
- Sistemas de paredes ou sistemas mistos equivalentes a paredes:

- Sistemas de paredes unicamente com duas paredes não acopladas em cada direcção horizontal:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$ ;
- Outros sistemas de paredes não acopladas:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$ ;
- Sistemas mistos equivalentes a paredes ou sistemas de paredes acopladas:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$ .

Para edifícios não regulares em planta o EC8, acrescenta ainda que a razão entre os dois factores anteriores deve ser obtida da seguinte forma:

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = \frac{\left(\frac{\alpha_u}{\alpha_1} + 1\right)}{2} \quad (4.6)$$

Relativamente ao valor de  $k_w$  este é definido no cl. 5.2.2.2 (11) P da seguinte forma:

$$k_w = \begin{cases} 1,00, & \text{para sistemas porticados ou sistemas mistos equivalentes a pórticos} \\ \frac{1 + \alpha_0}{3} \leq 1, & \text{mas não inferior a 0,5, para sistemas de paredes,} \\ \text{sistemas equivalentes a paredes e sistemas torsionalmente flexíveis} \end{cases} \quad (4.7)$$

Em que:

- $\alpha_0$  – É a esbelteza predominante das paredes do sistema estrutural.

Casos não exista grande diferença entre as esbeltezas  $h_{wi}/l_{wi}$  de todas as paredes  $i$  do sistema estrutural, o valor de  $\alpha_0$  é dado pela seguinte expressão:

$$\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}} \quad (4.8)$$

Em que:

- $h_{wi}$  – Altura da parede  $i$ ;
- $l_{wi}$  – Comprimento da secção da parede  $i$ .

# 5

## PRÉ-DIMENSIONAMENTO

---

Esta fase torna-se importante na medida que é aqui que se definem não só as dimensões iniciais mas também o posicionamento dos elementos estruturais. O posicionamento parte da interpretação da arquitectura e tem como objectivo premente evitar a obstrução de espaços e a diminuição da área das habitações. As dimensões são obtidas através de algumas fórmulas e a sequência de cálculo é a inversa à da construção, começando-se pelas lajes, seguindo-se para as vigas, pilares e por fim, as sapatas.

### 5.1. Lajes

O tipo de laje escolhido foi laje vigada e maciça pois é o tipo que apresenta melhor comportamento sob acções sísmicas embora esta solução tenha originado algumas dificuldades nomeadamente na colocação de pilares.

O vão condicionante, corresponde ao menor vão de cada painel e a formula para se obter a espessura é a seguinte:

$$e_{laje} = \frac{L}{25 \text{ a } 30} \text{ (para } L_{maior}/L_{menor} > 2) \quad (5.1)$$

$$e_{laje} = \frac{L}{30 \text{ a } 35} \text{ (para } L_{maior}/L_{menor} \leq 2) \quad (5.2)$$

O valor de espessura das lajes final foi 0,20m.

### 5.2. Vigas

As vigas foram dimensionadas de acordo com as seguintes expressões:

$$h = \frac{l}{6 a 10}, \text{ para vigas em consola} \quad (5.3)$$

$$h = \frac{l}{10 a 12}, \text{ para vigas apoiadas} \quad (5.4)$$

Em que:

- $h$  – Altura da viga;
- $l$  – Vão da viga.

### 5.3. Pilares

Para o pré-dimensionamento dos pilares, determinaram-se as respectivas áreas de influência e calcularam-se os esforços usando a combinação fundamental de acções. Nesta fase teve-se o especial cuidado de atender ao cl. 5.4.3.2.1 (3) do EC8 que indica que o esforço normal reduzido não deve ser superior a 0,65. Deste modo foi utilizada a seguinte expressão (assumindo secções quadradas):

$$A = \frac{N_{Ed}}{0,65 \times f_{cd}} \quad (5.5)$$

Em que:

- $A$  – Área da secção do pilar;
- $N_{Ed}$  – Esforço normal actuante;
- $f_{cd}$  – Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão.

A planta com as áreas de influência encontra-se no anexo 1.

### 5.4. Escadas

O processo utilizado para as escadas foi o mesmo que o das lajes.

### 5.5. Fundações

A fase de pré-dimensionamento das fundações serve essencialmente para se garantir que o solo tem capacidade suficiente para suportar as tensões transmitidas pela estrutura. Sabido o esforço normal dos pilares é possível achar as dimensões iniciais das sapatas (tipo de fundação escolhido para o caso em estudo), através da seguinte expressão:

$$A_{min} \geq \frac{N_{Ed}}{\sigma_{adm}} \quad (5.6)$$

Em que:

- $A_{min}$  – Área mínima das sapatas assumindo secções quadradas;
- $\sigma_{adm}$  – Tensão admissível do terreno igual a 200kPa.

É de lembrar que esta fase não inclui a acção sísmica pelo que é apenas uma forma de dar início do cálculo com algumas dimensões. Dimensões essas que dada a natureza da acção sísmica sofrem alterações.

Os cálculos pormenorizados do pré-dimensionamento dos vários elementos estruturais podem ser consultados no anexo 2.

É de referir que esta fase é um pouco embrionária pelo que as dimensões apresentadas no pré-dimensionamento não correspondem às finais.



# 6

## EFEITOS DA ACÇÃO SÍSMICA

---

Os efeitos da acção sísmica são determinados particularmente pelo espectro de cálculo usado mas para tal ser possível é necessário primeiro determinar alguns parâmetros, referidos anteriormente, como os que definem a regularidade estrutural. A determinação destes parâmetros incide apenas na parte do edifício que não se encontra enterrada embora a actuação do sismo, no modelo de cálculo, aconteça em toda a estrutura. Refere-se o facto de que as dimensões das secções partiram do pré-dimensionamento sendo que nesta fase de análise poderão não ser as finais. O processo de dimensionamento consiste num processo em constante evolução pelo que, neste caso específico, as secções sofreram algumas alterações pois não cumpriam todos os requisitos do EC2 e EC8. Contudo, as diferenças são ligeiras, não tendo grande influência nos parâmetros analisados.

### 6.1. Rigidez de torção mínima

Como referido anteriormente, existe a necessidade de classificar a estrutura quanto ao sistema estrutural. Esta análise inicia-se com a avaliação da rigidez de torção mínima uma vez que pelo cl. 5.2.2.1 (4) do EC8, as estruturas devem apresentar uma rigidez de torção mínima, caso contrário classificam-se de torsionalmente flexíveis (cl. 5.2.2.1 (6)).

O parâmetro  $l_s$  (raio de giração) foi obtido através da seguinte forma:

$$l_s = \sqrt{\frac{I_{pCM}}{A}} \quad (6.1)$$

Em que:

- $I_{pCM}$  – Momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso;

- $A$  – Área do piso. (Não é esta formula que está no EC8)

Esta fórmula é obtida através da indicada no EC8 pela seguinte forma:

$$l_s = \sqrt{\frac{I_{PCM}}{M}} = \sqrt{\frac{m \cdot I_{PCM}}{m \cdot A}} \quad (6.2)$$

Em que  $m$ , é a massa unitária.

Sendo que basta um dos pisos não apresentar rigidez de torção mínima para não se verificar o cl. 4.2.3.2 (6), apenas se apresenta aqui o exemplo de um piso.

| Piso   | $I_x \text{ (m}^4\text{)}$ | $I_y \text{ (m}^4\text{)}$ | $A \text{ (m}^2\text{)}$ | $I_s$ |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| Piso 4 | 24960,678                  | 9223,467                   | 412,438                  | 9,104 |

**Tabela 6.1 - Raio de giração do piso 4**

O raio de torção ( $r_i$ ) é calculado da seguinte forma:

$$r_x = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_y}} \quad (6.3)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_x}} \quad (6.4)$$

Em que:

- $K_\theta$ – Rigidez de torção;
- $K_t$ – Rigidez de translação.

Para se calcular as rigidezes de translação e rotação é preciso determinar o centro de rigidez do piso, que é o ponto onde se aplicam os esforços. A posição do centro de rigidez  $CR$  é calculada da seguinte forma:

$$X_{CR} = \sum_{i=1}^{ny} \frac{I_{xxi} \times x_i}{I_{yyi}} \quad (6.5)$$



$$Y_{CR} = \sum_{i=1}^{nx} \frac{I_{yyi} \times y_i}{I_{xxi}} \quad (6.6)$$

Em que:

- $x_i$  – Distância do centro de corte do elemento  $i$  medida segundo  $x$  à origem do referencial escolhido;
- $y$  – Distância do centro de corte do elemento  $i$  medida segundo  $y$  à origem do referencial escolhido;
- $I_{yyi}$  – Inércia do elemento  $i$  em relação a  $y$  do referencial escolhido;
- $I_{xxi}$  – Inércia do elemento  $i$  em relação a  $x$  do referencial escolhido.

Em resumo apresenta-se na seguinte tabela os valores da posição do centro de rigidez. Os cálculos em pormenor podem ser consultados no anexo 3.

| Piso   | X <sub>CR</sub> | Y <sub>CR</sub> |
|--------|-----------------|-----------------|
| Piso 4 | 66,268          | 47,018          |

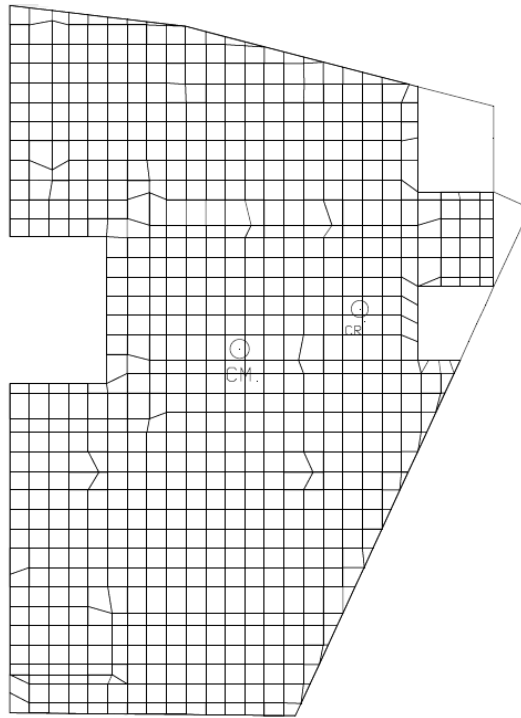
**Tabela 6.2 - Coordenadas do centro de rigidez do piso 4**

É necessário também determinar a posição do centro de massa do piso. O cálculo pormenorizado encontra-se no anexo 3 mas de uma forma geral foram tomadas em conta as massas de todos elementos estruturais assim como o posicionamento dos centros de gravidade de cada um, em relação ao referencial usado. O posicionamento do centro de massa encontra-se na seguinte tabela:

| Piso   | X <sub>CM</sub> | Y <sub>CM</sub> |
|--------|-----------------|-----------------|
| Piso 4 | 61,417          | 45,383          |

**Tabela 6.3 - Coordenadas do centro de massa do piso 4**

Graficamente apresenta-se em seguida o posicionamento tanto do centro de rigidez como do centro de massa.



**Figura 6.1 - Planta com os centros de rigidez e massa do piso 4**

Calculados estes pontos, prossegue-se com a determinação das rigidezes de rotação e translação aplicando-se forças de 1000kN nos respectivos centros de rigidez de cada piso. Para a rigidez de rotação aplica-se um momento, em torno de  $z$ , e para a rigidez de translação aplica-se uma força pontual na direcção  $x$  e depois outra na direcção  $y$ . Os valores obtêm-se através da fórmula da rigidez.

$$F = K \times d \quad (6.7)$$

Em que:

- $F$  – Força aplicada;
- $K$  – Rigidez;
- $d$  – Deslocamento directamente obtido através do programa SAP2000.

Conhecida a força e o deslocamento por ela provocado, é possível saber a rigidez.

Em resumo apresentam-se os valores para o piso exemplo.

| Piso   | $F_x(\text{kN})$ | $F_y(\text{kN})$ | $M_z(\text{kN.m})$ | $U_x(\text{mm})$ | $U_y(\text{mm})$ | $U_z(\text{mm})$ |
|--------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| Piso 4 | 1000             | 1000             | 1000               | 7,3              | 5,4              | 0,07             |

**Tabela 6.4 - Deslocamentos do piso 4 para os carregamentos considerados**

| Piso   | $K_x$ (kN/m) | $K_y$ (kN/m) | $K_\theta$ (kN.m/rad) | $r_x$ (m) | $r_y$ (m) | $I_s$ (m) |
|--------|--------------|--------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Piso 4 | 136986,301   | 185185,185   | 14285714,286          | 8,783     | 10,212    | 9,104     |

Tabela 6.5 - Rigidezes de translação e rotação do piso 4

Atendendo às expressões 6.3 e 6.4, conclui-se que o piso apresenta rigidez de torção mínima para a direcção  $x$  mas não para a direcção  $y$  e como tal é torsionalmente flexível.

Os cálculos dos restantes pisos podem ser consultados no anexo 4.

## 6.2. Classificação da estrutura

Embora se saiba *a priori* que o edifício em estudo é torsionalmente flexível, importa saber se é porticado, misto ou de paredes. A estrutura apresenta dois tipos de elementos, as paredes e os elementos que formam a parte porticada. Para se classificar a estrutura é necessário saber quais as percentagens de forças que cada conjunto absorve. Como tal procedeu-se à aplicação de carregamentos unitários (dois deles são nas direcções  $x$  e  $y$  e o outro na direcção  $z$ ) em cada piso verificando-se depois as reacções dos apoios. Os resultados obtidos foram os seguintes:

| Elementos estruturais | Carregamento (kN) |            |            |
|-----------------------|-------------------|------------|------------|
|                       | Direcção X        | Direcção Y | Direcção Z |
| Pilares               | 577,174           | 592,782    | 4351,611   |
| Paredes               | 1110,723          | 1275,763   | 7081,826   |
| Total                 | 1687,897          | 1868,545   | 11433,437  |

Tabela 6.6 - Carregamentos devido às acções unitárias

| Direcção | Força absorvida pelos pilares |        | Força absorvida pelas paredes |        | Força total |     |
|----------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------|-----|
|          | kN                            | %      | kN                            | %      | kN          | %   |
| X        | 577,174                       | 34,195 | 1110,723                      | 65,805 | 1687,897    | 100 |
| Y        | 592,782                       | 31,724 | 1275,763                      | 68,276 | 1868,545    | 100 |
| Z        | 4351,611                      | 38,060 | 7081,826                      | 61,940 | 11433,437   | 100 |

Tabela 6.7 - Percentagem de força absorvida por cada grupo estrutural

Pelos resultados apresentados conclui-se que o edifício é um sistema de paredes pois a rigidez às acções horizontais é maioritariamente (mais de 65%) assegurada pelas paredes.

## 6.3. Regularidade estrutural

### 6.3.1. Regularidade em planta

Como visto anteriormente, o edifício é torsionalmente flexível, ou seja o raio de torção é menor que o raio de giração numa das direcções e por este motivo o edifício é não regular em planta pois falha no cumprimento de um dos requisitos do cl. 4.2.3.2 do EC8.

### 6.3.2. Regularidade em altura

O edifício em estudo é considerado regular em altura pois cumpre todos os requisitos do cl. 4.2.3.3 do EC8.

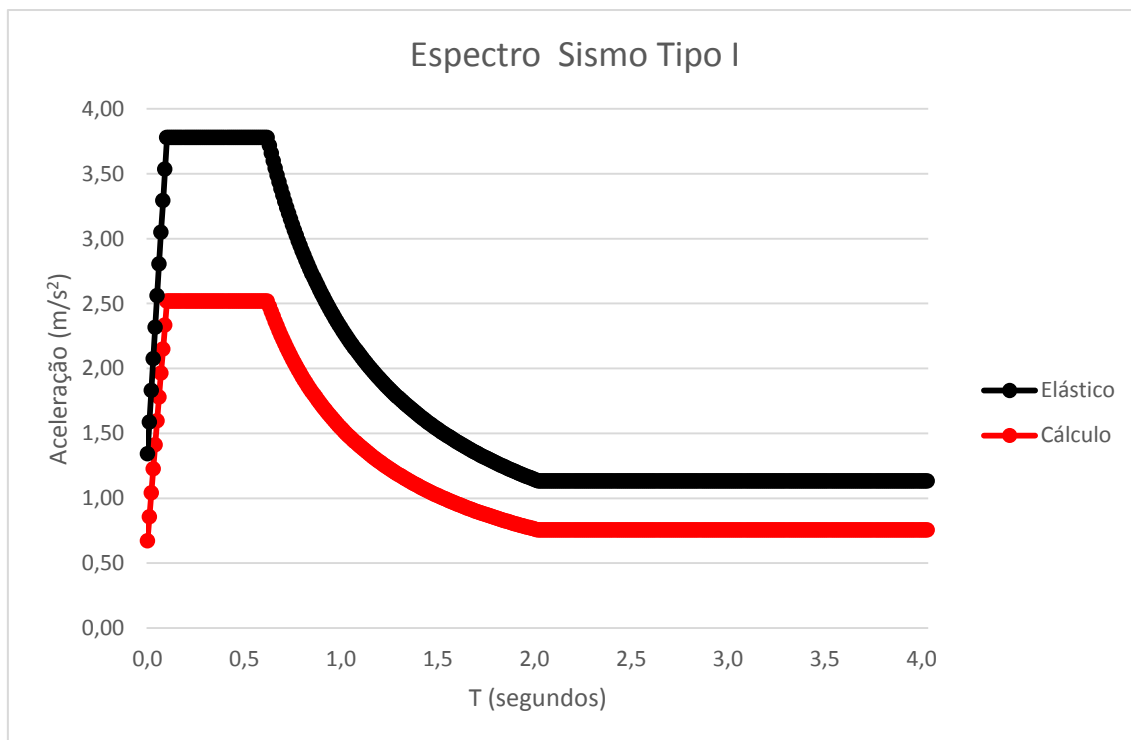
## 6.4. Coeficiente de comportamento

Aplicando o prescrito pelo cl. 5.2.2.2 do EC8, o valor do coeficiente de comportamento é o seguinte:

| Estrutura torsionalmente flexível da classe DCM | $q_0$ | $\alpha_0$ | $k_w$ | $q$ |
|---|-------|------------|-------|-----|
|   | 2,0   | 3,741      | 1,0   | 2,0 |

Tabela 6.8 - Valor do coeficiente de comportamento para o edifício em estudo

O coeficiente de comportamento tem influência directa no espectro de cálculo. Em seguida mostram-se os espectros para o caso de um coeficiente unitário e para o coeficiente calculado.



**Gráfico 6.1 - Espectro de resposta horizontal para a acção sísmica tipo I (com e sem o efeito do coef. de comp.)**



## ANÁLISE ESTRUTURAL

### 7.1. Modelação

O edifício foi modelado num programa de cálculo automático – SAP 2000 – e como tal foi representado como um modelo espacial tridimensional. Foi tido em conta o cl. 4.3.1 (6) do EC8, que refere o facto de os elementos resistentes terem de ser considerados como fendilhados. Para tal considerou-se o prescrito no cl. 4.3.1 (7), reduzindo a rigidez a metade.

#### 7.1.1. Pilares e vigas

Tanto os pilares como as vigas foram simulados como elementos de barra (*frame*). Cada elemento deste tipo é composto por dois nós (inicial e final) e cada um tem 6 graus de liberdade, 3 de rotação e 3 de translação representando assim os movimentos/deformações no espaço tridimensional.

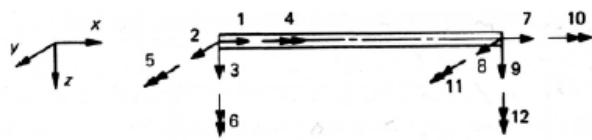


Figura 7.1 - Elemento de barra com 12 graus de liberdade

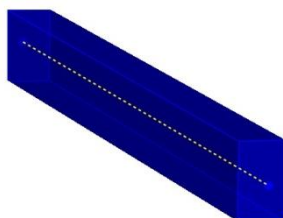


Figura 7.2 - Ex. de um elemento de barra - SAP2000

### 7.1.2. Lajes, escadas e muros

Tanto as lajes dos pisos como as das escadas e os muros foram simuladas com elementos de laje (*shell*) de 3 e 4 nós e cada um com 6 graus de liberdade. Dentro da oferta do programa, existem dois tipos de elementos, os *thin* (elementos finos) e os *thick* (elementos espessos). De acordo com a Teoria Clássica das Placas Finas, desenvolvida por Lagrange e onde são válidas as hipóteses de Kirchhoff, optou-se pelo tipo *thin*. É sobretudo pela hipótese de que a superfície média da placa é plana e indeformável que recai esta escolha. Esta simplificação torna viável a utilização da Lei de Hooke que relaciona forças com deformações e permite admitir comportamento linear ao longo da espessura da placa. Desta forma desprezou-se a contribuição da deformabilidade por esforço transversal [4].

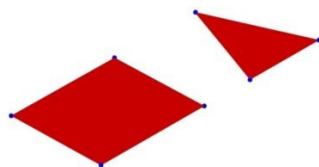


Figura 7.3 - Ex. de elementos *shell* - SAP2000

Em relação às dimensões dos *shells*, estas variam em função da adaptação ao desenvolvimento do edifício mas são na maioria quadrados de  $0,8 \times 0,8 \text{ m}^2$ .

### 7.1.3. Núcleo do elevador

O núcleo do elevador foi simulado com 3 elementos de barra uma vez que deste modo se torna mais fácil retirar os esforços e reduzir a sua rigidez em 50% tal como referido no EC8. No entanto e porque estes elementos originam descontinuidades de piso para piso foi necessário solidarizar o núcleo com as lajes dos pisos através de *constraints*. Estes pontos manualmente introduzidos ligam o núcleo aos pisos.

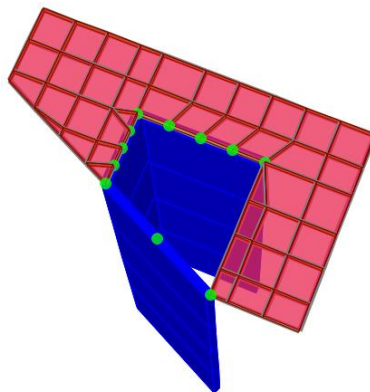


Figura 7.4 - Núcleo do elevador com os *constraints* (a verde) do piso 4



#### 7.1.4. Condições de fundação

Para simular a ligação da superestrutura aos elementos de fundação, consideraram-se apoios fixos em relação aos elementos verticais que assentam no solo através das fundações como se pode observar na seguinte figura.

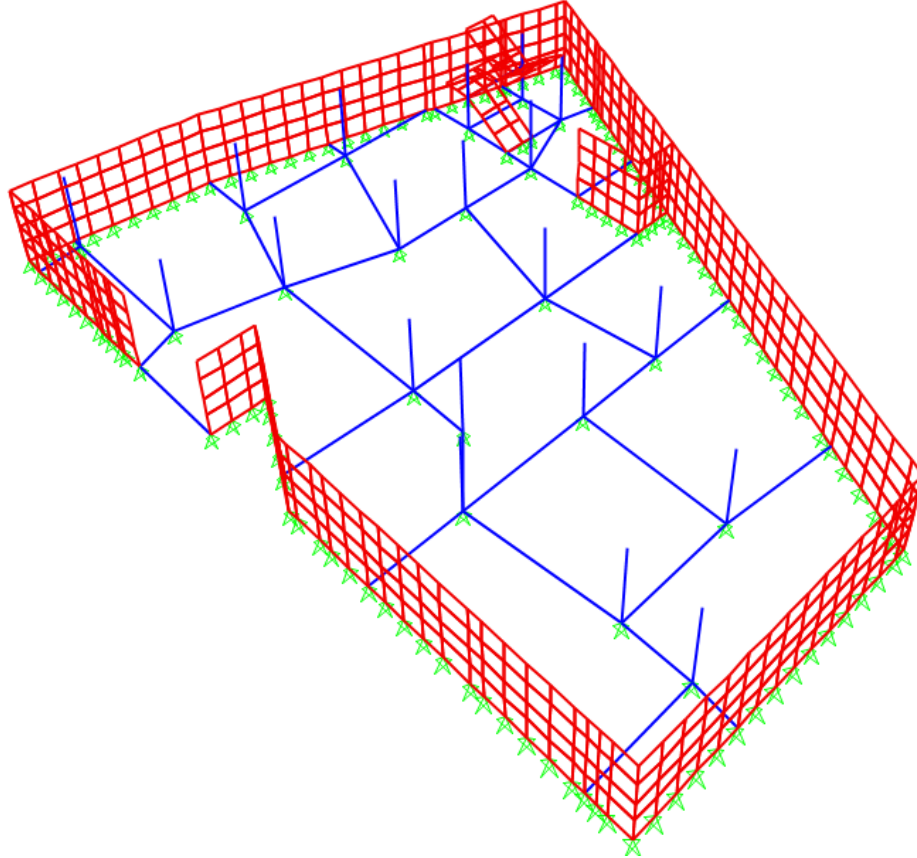


Figura 7.5 - Apoios fixos dos elementos verticais na base do edifício

#### 7.1.5. Acções

As acções consideradas neste edifício foram de dois tipos, cargas uniformemente distribuídas de superfície para simular as restantes cargas permanentes e sobrecargas, e cargas de “faca” para simular cargas impostas nas vigas como as paredes de alvenaria. Para se simular as cargas nos muros, foi necessária a criação de elementos de barra, “fictícios” e cujas propriedades mecânicas são muito reduzidas pelo que não contribuem para a resistência da estrutura.

### 7.1.6. Impulsos do terreno

As cargas provenientes do terreno foram simuladas no modelo através de cargas triangulares distribuídas e a sua distribuição é a que se apresenta na seguinte figura.

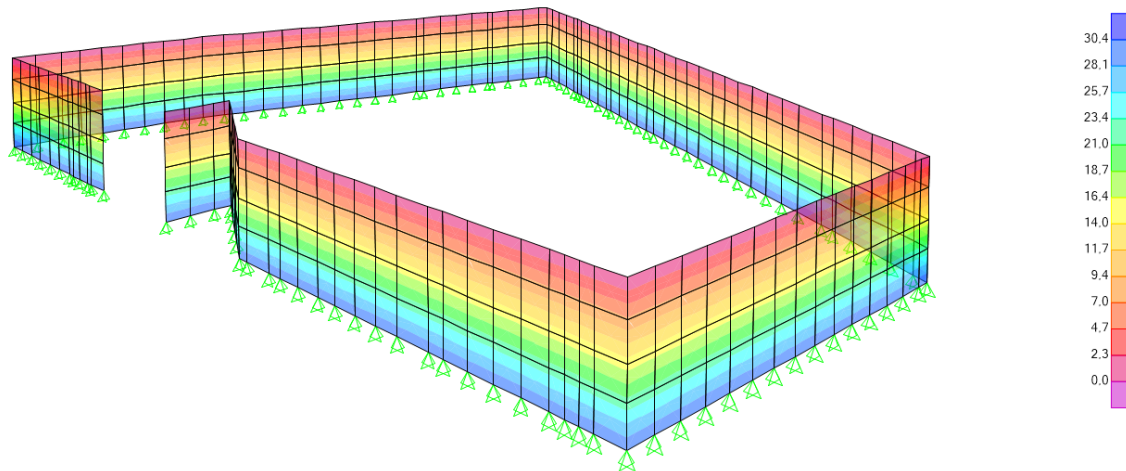


Figura 7.6 - Impulsos do terreno

## 7.2. Método de análise

Quanto ao método de análise usado foi o de referência pelo EC8 (cl. 4.3.3.1 (2) P). Este método automaticamente remete para o cl. 4.3.3.3.1 do EC8 e para as suas alíneas seguintes.

### *Análise Modal por Espectro de Resposta*

Este tipo de análise exige a consideração de todos os modos de vibração que contribuam significativamente para a resposta global da estrutura e este requisito é satisfeito se uma das seguintes condições se verifica:

- A soma das massas modais efectivas para os modos considerados representa, pelo menos, 90% da massa total da estrutura;
- Todos os modos com massas modais efectivas superiores a 5% da massa total são considerados.

Os valores da participação modal encontram-se no anexo 5.

Analisando a tabela do anexo 5, constata-se que a soma das massas modais não atinge os 90% para os 30 modos de vibração considerados. Isto deve-se ao facto de haver

contribuição significativa dos modos de torção e o edifício estar envolvido por um muro ao nível da cave assim como algumas paredes que impedem a mobilização da massa total. No entanto, para estes casos, o EC8 pelo cl. 4.3.3.3.1 (5), estabelece um número mínimo de modos que têm de ser considerados e que devem satisfazer as duas seguintes condições:

$$k \geq 3 \cdot \sqrt{n} \quad (7.1)$$

$$T_k \leq 0,20s \quad (7.2)$$

Em que:

- $k$  – Número de modos considerados;
- $n$  – Número de pisos acima da fundação ou do nível superior da cave rígida;
- $T_k$  – Período de vibração do modo  $k$ .

| k  | n | $3 \cdot \sqrt{n}$ |
|----|---|--------------------|
| 30 | 5 | 6,708              |

**Tabela 7.1 - Número de modos de análise necessários**

| k  | $T_k$ (s) |
|----|-----------|
| 30 | 0,083     |

**Tabela 7.2 - Período de vibração para o modo k**

Pelos valores obtidos, os 30 modos de vibração considerados, são bastante suficientes.

É de referir ainda que foi efectuado um teste com 500 modos de vibração e a acumulação da massa mobilizada foi superior a 90% a partir do último modo, contudo mostrou-se desnecessária a utilização de tantos modos para além de que os valores obtidos para as armaduras não diferem dos valores considerando apenas 30 modos.

Como combinação modal, foi utilizada a Combinação Quadrática Completa (CQC), uma vez que o programa de cálculo utilizado permite o uso desta combinação. A CQC utiliza a seguinte expressão:

$$E_E = \sqrt{\sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^m \rho_{in} \cdot E_{Ei} \cdot E_{En}} \quad (7.3)$$

Em que:

- $E_{Ei}$  – Valor máximo da resposta para o modo de vibração  $i$ ;
- $E_{En}$  – Valor máximo da resposta para o modo de vibração  $n$ ;
- $\rho_{in}$  – Coeficiente de correlação modal.

$$\rho_{in} = \frac{8 \times \xi^2 \times (1 + \beta_{in}) \times \beta_{in}^{3/2}}{(1 - \beta_{in}^2)^2 + 4 \times \xi^2 \times \beta_{in} \times (1 + \beta_{in})^2} \quad (7.4)$$

Com:

$$\beta_{in} = \frac{p_i}{p_n} \quad (7.5)$$

Em que:

- $p_i$  – Frequência própria do modo  $i$ ;
- $p_n$  – Frequência própria do modo  $n$ ;
- $\xi$  - Coeficiente de amortecimento (igual a 5% para estruturas de betão).

### 7.3. Efeitos acidentais de torção

Para se ter em conta a incerteza na localização das massas e na variação espacial do movimento sísmico, o centro de massa em cada piso  $i$  deve ser deslocado de uma excentricidade acidental (cl. 4.3.2 (1) do EC8), e a expressão a ser utilizada é a seguinte:

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i \quad (7.6)$$

Em que:

- $e_{ai}$  – excentricidade acidental da massa do piso  $i$  em relação à sua localização nominal;
- $L_i$  – Dimensão do piso na direcção perpendicular à direcção da acção sísmica.

Os efeitos, propriamente ditos, devem ser simulados no modelo (uma vez que se utiliza um modelo espacial (cl. 4.3.3.3.3 (1))) através da aplicação de momentos torsores  $M_{ai}$  de eixo vertical aplicados no centro de rigidez de cada piso. A expressão para se obter os momentos torsores é a seguinte:

$$M_{ai} = e_{ai} \cdot F_i \quad (7.7)$$

Em que:

- $M_{ai}$  – Momento tórsor de eixo vertical aplicado no piso  $i$ ;
- $F_i$  – Força horizontal actuando no piso  $i$  que se obtém através de:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j} \quad (7.8)$$

Sendo que:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad (7.9)$$

Em que:

- $F_b$  – Força de corte basal, determinada através da análise dinâmica tridimensional;
- $z_i, z_j$  – Alturas das massas  $m_i$  e  $m_j$  acima do nível de aplicação da acção sísmica;
- $m_i, m_j$  – Massas dos pisos;
- $S_d(T_1)$  – Ordenada do espectro de cálculo para o período  $T_1$ ;
- $T_1$  – Período de vibração fundamental do edifício para o movimento lateral na direcção considerada;
- $m$  – Massa total do edifício, acima da fundação ou acima do nível superior de uma cave rígida;
- $\lambda$  – Factor de correcção, cujo valor é igual a:  $\lambda=0,85$  se  $T_1 \leq 2 \cdot T_C$  e o edifício tiver mais de 2 pisos, ou  $\lambda=1,0$  nos outros casos.

Aplicando as expressões anteriores:

| Excentricidade accidental |       |             |
|---------------------------|-------|-------------|
| Direcção                  | $L_i$ | $e_{ai(+)}$ |
| X                         | 27,34 | 1,367       |
| Y                         | 17,66 | 0,883       |

**Tabela 7.3 - Excentricidade accidental**

É de referir que os valores condicionantes foram os obtidos usando as ordenadas do espectro de cálculo da acção tipo 1, pelo que só se apresentam os resultados (momentos torsores) finais dessa acção.

| Força de corte basal |              |
|----------------------|--------------|
| $F_{bx}(kN)$         | $F_{by}(kN)$ |
| 2404,25              | 2306,10      |

**Tabela 7.4 - Força de corte basal**

| Direcção X |              |          |            |           |           |
|------------|--------------|----------|------------|-----------|-----------|
| Piso       | $F_{bx}(kN)$ | $z_i(m)$ | $m_i(ton)$ | $z_i.m_i$ | $F_i(kN)$ |
| Cobertura  | 2404,25      | 15,1     | 46,162     | 697,041   | 97,250    |
| Piso 4     | 2404,25      | 12,4     | 473,373    | 5869,821  | 818,949   |
| Piso 3     | 2404,25      | 9,3      | 571,730    | 5317,089  | 741,833   |
| Piso 2     | 2404,25      | 6,2      | 571,730    | 3544,726  | 494,555   |
| Piso 1     | 2404,25      | 3,1      | 581,872    | 1803,803  | 251,664   |

**Tabela 7.5 - Forças horizontais em cada piso na direcção X**

| Direcção Y |              |          |            |           |           |
|------------|--------------|----------|------------|-----------|-----------|
| Piso       | $F_{bx}(kN)$ | $z_i(m)$ | $m_i(ton)$ | $z_i.m_i$ | $F_i(kN)$ |
| Cobertura  | 2306,10      | 15,1     | 46,162     | 697,041   | 93,280    |
| Piso 4     | 2306,10      | 12,4     | 473,373    | 5869,821  | 785,518   |
| Piso 3     | 2306,10      | 9,3      | 571,730    | 5317,089  | 711,549   |
| Piso 2     | 2306,10      | 6,2      | 571,730    | 3544,726  | 474,366   |
| Piso 1     | 2306,10      | 3,1      | 581,872    | 1803,803  | 241,390   |

**Tabela 7.6 - Forças horizontais em cada piso na direcção Y**

| Direcção X |           |             |                |
|------------|-----------|-------------|----------------|
| Piso       | $F_i(kN)$ | $e_{ai}(m)$ | $M_{ai}(kN.m)$ |
| Cobertura  | 97,250    | 1,367       | 132,941        |
| Piso 4     | 818,949   | 1,367       | 1119,504       |
| Piso 3     | 741,833   | 1,367       | 1014,085       |
| Piso 2     | 494,555   | 1,367       | 676,057        |
| Piso 1     | 251,664   | 1,367       | 344,025        |

**Tabela 7.7 - Momentos torsores acidentais em cada piso na direcção X**

| Direcção Y |           |             |                |
|------------|-----------|-------------|----------------|
| Piso       | $F_i(kN)$ | $e_{ai}(m)$ | $M_{ai}(kN.m)$ |
| Cobertura  | 93,280    | 0,883       | 82,366         |
| Piso 4     | 785,518   | 0,883       | 693,612        |
| Piso 3     | 711,549   | 0,883       | 628,298        |
| Piso 2     | 474,366   | 0,883       | 418,865        |
| Piso 1     | 241,390   | 0,883       | 213,148        |

**Tabela 7.8 - Momentos torsores acidentais em cada piso na direcção Y**

Estes valores de momentos torsores são combinados com os efeitos da acção sísmica para a respectiva combinação e são aplicados no sentido horário e no sentido anti-horário (cl. 4.3.3.3.3 (2)).

#### 7.4. Efeitos de 2ª ordem

Segundo o cl. 5.8.1 do EC2, os efeitos de 2ª ordem são efeitos adicionais das acções resultantes das deformações da estrutura e terão de ser contabilizados se a deformação, neste caso relativa à acção sísmica, for elevada. Estes efeitos serão tanto maiores quanto maior for a deformação e o esforço axial existente nos elementos verticais. Com um grande deslocamento do topo do pilar, o esforço axial actuante vai provocar uma carga excêntrica adicional e este efeito terá de ser contabilizado se a seguinte expressão não se verificar (cl. 4.4.2.2 (2)):

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0,10 \quad (7.10)$$

Em que:

- $\theta$  – Coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo entre pisos;
- $P_{tot}$  – Valor das cargas verticais acima do piso em análise, incluindo a laje do mesmo, para a combinação sísmica de acções;
- $V_{tot}$  – Força de corte sísmica total no piso em análise;
- $h$  – altura entre pisos;
- $d_r$  – Valor de cálculo do deslocamento relativo entre pisos consecutivos, avaliado como a diferença entre os deslocamentos laterais médios ( $d_s$ ) no topo e na base do piso considerado e calculado da seguinte forma:

$$d_s = q_d \times d_e \quad (7.11)$$

Em que:

- $q_d$  – Factor de comportamento em deslocamento, admitido igual a  $q$ ;
- $d_e$  – Deslocamento do mesmo ponto da estrutura, obtido através da análise linear baseada no espectro de cálculo.

A análise dos efeitos de 2ª ordem foi efectuada com o auxílio do programa de cálculo automático que permite retirar os deslocamentos relativos entre pisos para todos os pilares. Obtidos estes deslocamentos, efectuou-se a média em cada piso para as duas direcções do sismo em cada combinação sísmica, optando-se pelo maior valor. Escolhido o maior valor, retiraram-se os esforços correspondentes à respectiva combinação sísmica.

Em resumo apresentam-se as tabelas com os valores obtidos:

| Piso      | $d_x$ (mm) | $d_y$ (mm) | $q_d$ | $d_{rx}$ (mm) | $d_{ry}$ (mm) | Peso (kN) |
|-----------|------------|------------|-------|---------------|---------------|-----------|
| Cobertura | 3,489      | 2,095      | 2     | 6,978         | 4,190         | 452,846   |
| 4         | 4,318      | 3,394      |       | 8,636         | 6,788         | 4643,786  |
| 3         | 5,321      | 3,850      |       | 10,641        | 7,699         | 5608,671  |
| 2         | 5,784      | 4,298      |       | 11,568        | 8,595         | 5608,671  |
| 1         | 5,291      | 5,430      |       | 10,583        | 10,861        | 5708,163  |

**Tabela 7.9 - Deslocamentos dos pisos**

| Piso      | $P_{tot}$ (kN) | $V_{totx}$ (kN) | $V_{toty}$ (kN) | $d_{rx}$ (mm) | $d_{ry}$ (mm) | h (m) | $\theta_X$ | $\theta_Y$ |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-------|------------|------------|
| Cobertura | 452,846        | 247,802         | 260,302         | 6,978         | 4,190         | 2,7   | 0,0005     | 0,0003     |
| 4         | 5096,632       | 1139,760        | 1090,200        | 8,636         | 6,788         | 3,1   | 0,0012     | 0,0010     |
| 3         | 10705,303      | 1960,361        | 1495,928        | 10,641        | 7,699         | 3,1   | 0,0019     | 0,0018     |
| 2         | 16313,974      | 2602,821        | 1979,514        | 11,568        | 8,595         | 3,1   | 0,0023     | 0,0023     |
| 1         | 22022,137      | 2878,139        | 2280,520        | 10,583        | 10,861        | 3,1   | 0,0026     | 0,0034     |

**Tabela 7.10 - Índices de sensibilidade para as duas direcções**

Pelos resultados obtidos, conclui-se que os índices de sensibilidade são bastante inferiores a 0,10, tanto na direcção X como na direcção Y.



# 8

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

---

### 8.1. Regras gerais

Existe um conjunto de regras transversais a todos os elementos estruturais determinados pelos Eurocódigos 2 e 8 e que se evidenciam em seguida:

- Recobrimento das armaduras;
- Distância mínima entre varões;
- Diâmetros mínimos de dobragem;
- Comprimentos de amarração;
- Amarração de armaduras transversais;
- Comprimento de emenda de armaduras.

#### 8.1.1. Recobrimento das armaduras

O recobrimento das armaduras, segundo o cl. 4.4.1.1, é a distância mais curta entre a superfície da armadura e a superfície de betão e deve assegurar a transmissão eficaz das forças de aderência, protecção contra a corrosão e uma adequada resistência ao fogo. Valor do recobrimento nominal é dado pela seguinte expressão:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (8.1)$$

Sendo que  $c_{min}$  (recobrimento mínimo) apresenta a seguinte forma:

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\} \quad (8.2)$$

Em que:

- $c_{min,b}$  – Recobrimento mínimo para os requisitos de aderência (ver 4.4.1.2 (3) do EC2);
- $c_{min,dur}$  – Recobrimento mínimo relativo às condições ambientais;
- $\Delta c_{dur,\gamma}$  – Margem de segurança;
- $\Delta c_{dur,st}$  – Redução do recobrimento mínimo no caso de utilização de aço inoxidável;
- $\Delta c_{dur,add}$  – Redução do recobrimento mínimo no caso de protecção adicional.

$\Delta c_{dev}$  é margem de cálculo para as tolerâncias de execução.

A aplicação das expressões anteriores conduziu aos seguintes valores de recobrimento:

| Elementos estruturais | Classe de exposição | Classe estrutural | Diâmetros de varões (mm) | $c_{min,b}$ (mm) | $c_{min,dur}$ (mm) | $c_{min}$ (mm) | $\Delta c_{dev}$ (mm) | $c_{nom}$ (mm) |
|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|------------------|--------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| Todos                 | XS1                 | S4                | 8                        | 8                | 35                 | 35             | 10                    | 45             |
|                       |                     |                   | 10                       | 10               |                    |                |                       |                |
|                       |                     |                   | 12                       | 12               |                    |                |                       |                |
|                       |                     |                   | 16                       | 16               |                    |                |                       |                |
|                       |                     |                   | 20                       | 20               |                    |                |                       |                |
|                       |                     |                   | 25                       | 25               |                    |                |                       |                |

Tabela 8.1 - Cálculo do recobrimento

### 8.1.2. Distância mínima entre varões

A distância mínima entre varões serve para permitir uma betonagem e compactação satisfatórias e assegurar boas condições de aderência. A distância entre varões é dada pela seguinte expressão (cl. 8.2 (2) do EC2):

$$d \geq \max\{k_1 \times \phi; d_g + k_2; 20\text{mm}\} \quad (8.3)$$

Em que:

- $\phi$  – Diâmetro do varão;
- $d_g$  – Dimensão máxima do agregado;
- $k_1 = 1,0$ ;
- $k_2 = 5,0\text{mm}$ .

A distância mínima é a seguinte:

| $\phi$ (mm) | $k_1$ (mm) | $d_g$ (mm) | $k_2$ (mm) | $d$ (mm) |
|-------------|------------|------------|------------|----------|
| 25          | 1,0        | 25         | 5,0        | 30       |

Tabela 8.2 - Distância mínima entre varões

### 8.1.3. Diâmetro mínimo de dobragem dos varões

Segundo o cl. 8.3 (1) do EC2, o diâmetro de dobragem de varões deve ser tal que não provoque o aparecimento de fendas no varão assim como a rotura do betão no interior da curva do varão e calculado da seguinte forma:

$$\phi_{m,min} = \begin{cases} 4\phi, & \phi \leq 16mm \\ 7\phi, & \phi > 16mm \end{cases} \quad (8.4)$$

Os diâmetros mínimos de dobragem são os seguintes:

| $\phi$ (mm) | $\phi_{m,min}$ (mm) |
|-------------|---------------------|
| 8           | 32                  |
| 10          | 40                  |
| 12          | 48                  |
| 16          | 64                  |
| 20          | 140                 |
| 25          | 175                 |

Tabela 8.3 - Diâmetros mínimos de dobragem

### 8.1.4. Comprimento de amarração de referência

Segundo o cl. 8.4.3 (2) do EC2, o comprimento de amarração de referência é dado pela seguinte expressão:

$$l_{b,rqd} = (\phi / 4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) \quad (8.5)$$

Em que:

- $l_{b,rqd}$  – Comprimento de amarração de referência;
- $\phi$  – Diâmetro do varão;
- $\sigma_{sd}$  – Valor de cálculo da tensão na secção do varão a partir do qual é medido o comprimento de amarração;
- $f_{bd}$  – Tensão de rotura de aderência.

Sendo que:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad (8.6)$$

Em que:

- $\eta_1$  – Coeficiente relacionado com as condições de aderência;
- $\eta_2$  – Coeficiente relacionado com o diâmetro do varão;
- $f_{ctd}$  – Valor de cálculo da resistência do betão à tracção.

Aplicando as expressões anteriores obtêm-se os seguintes comprimentos de amarração de referência:

| Comprimento de amarração de referência [ $l_{b,rqd}$ (m)] |                     |          |          |                 |                |                 |
|---|---------------------|----------|----------|-----------------|----------------|-----------------|
| Diâmetro  | $\sigma_{sd}$ (MPa) | $f_{bd}$ |          |                 |                | $l_{b,rqd}$ (m) |
|   |                     | $\eta_1$ | $\eta_2$ | $f_{ctd}$ (MPa) | $f_{bd}$ (MPa) |                 |
| 8   | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 0,414           |
| 10  | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 0,518           |
| 12  | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 0,621           |
| 16  | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 0,828           |
| 20  | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 1,035           |
| 25  | 434,783             | 0,7      | 1        | 1,333           | 2,1            | 1,294           |

Tabela 8.4 - Comprimentos de amarração de referência

Por outro lado há que calcular o comprimento de amarração de cálculo que é dado pela seguinte expressão:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (8.7)$$

Em que:

- $\alpha_i$  – São coeficientes indicados no Quadro 8.2 do EC2;
- $l_{b,min}$  – Obtidos pelas expressões (8.6) e (8.7) do EC2.

Aplicando as expressões anteriores obtiveram-se os seguintes comprimentos de amarração de cálculo:

| Comprimento de amarração de cálculo [ $l_{bd}$ (m)] |            |            |            |            |            |                 |                 |                       |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Diâmetro (mm)                                       | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_4$ | $\alpha_5$ | $l_{b,rqd}$ (m) | $l_{b,min}$ (m) | $l_{bd,adoptado}$ (m) |
| 8   | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 0,414           | 0,124           | 0,30                  |
| 10  | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 0,518           | 0,155           | 0,40                  |
| 12  | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 0,621           | 0,186           | 0,45                  |
| 16  | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 0,828           | 0,248           | 0,60                  |
| 20  | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 1,035           | 0,311           | 0,75                  |
| 25  | 1          | 1          | 1          | 0,7        | 1          | 1,294           | 0,388           | 0,95                  |

Tabela 8.5 - Comprimentos de amarração de cálculo

### 8.1.5. Amarração de armaduras transversais

A armadura transversal deve ser amarrada através de estribos fechados com ganchos dobrados a 135° e comprimentos de amarração de  $10d_{bw}$  em que  $d_{bw}$  é o diâmetro da armadura transversal (cl. 5.6.1 (2) do EC8)

### 8.1.6. Comprimento de emendas de armaduras

O comprimento de emenda permite assegurar a transmissão de forças entre varões adjacentes através das forças de aderência que se geram no betão sendo que este comprimento é calculado como indicado pelo cl. 8.7.3 do EC2.

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (8.8)$$

Em que  $l_{0,min}$  é calculado pela expressão 8.11 do EC2.

Os valores das emendas calculados foram os seguintes:

| Comprimento de emenda [ $l_0$ (m)] |            |            |            |            |            |                 |                 |                      |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Diâmetro (mm)                      | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_5$ | $\alpha_6$ | $l_{b,rqd}$ (m) | $l_{0,min}$ (m) | $l_{0,adoptado}$ (m) |
| 8                                  | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 0,414           | 0,200           | 0,65                 |
| 10                                 | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 0,518           | 0,233           | 0,80                 |
| 12                                 | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 0,621           | 0,280           | 0,95                 |
| 16                                 | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 0,828           | 0,373           | 1,25                 |
| 20                                 | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 1,035           | 0,466           | 1,60                 |
| 25                                 | 1          | 1          | 1          | 1          | 1,5        | 1,294           | 0,582           | 1,95                 |

Tabela 8.6 - Comprimentos de emenda

## 8.2. Pormenorização

### 8.2.1. Filosofia adoptada na verificação da segurança em relação aos ELU's

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos consiste em assegurar um nível de segurança em relação a situações de rotura (rotura local ou global). A actual regulamentação baseia-se em métodos probabilísticos e os valores dos materiais e das acções são os característicos. O valor das acções deve ser tal, que não seja excedido com uma probabilidade de 95% no período de referência considerado. Por outro lado o valor das resistências dos materiais deve ser um valor com uma probabilidade de 95% de ser excedido. Estes valores característicos são posteriormente corrigidos por meio da adopção de coeficientes de segurança parciais que por um lado majoram as cargas e por

outro minoram as resistências. Depois de calculados os valores, estes devem ser combinados de uma forma verosímil através das combinações de acções já referidas [5]. Posteriormente devem ser aplicadas medidas de segurança estabelecidas em normas como os Eurocódigos 2 e 8.

Em seguida apresentam-se algumas regras de dimensionamento que têm de ser cumpridas para todos os elementos estruturais e que fazem parte do conjunto de medidas de segurança.

Antes de mais, é de referir que todos os elementos estruturais do piso enterrado (cave) foram dimensionados de acordo, apenas com o EC2. O EC8 pelo cl. 5.8.1 (5) permite que assim seja.

## **8.2.2. Vigas**

### **8.2.2.1. Armadura longitudinal**

O cl. 9.2.1.1 do EC2, indica a área mínima de armadura longitudinal que uma viga deve possuir de modo a evitarem-se roturas frágeis, formação de fendas largas e garantir-se resistência às forças devidas a acções de coacção. A fórmula para a obtenção da área mínima é a seguinte:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \quad (8.9)$$

Em que:

- $f_{ctm}$  – Valor médio da tensão de rotura do betão à tracção simples;
- $f_{yk}$  – Valor característico da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras para betão armado;
- $b_t$  – Largura média da zona traccionada;
- $d$  – Altura útil.

O cl. 9.2.1.1 (3) do EC2, estabelece ainda, o valor de armadura máximo ( $A_{s,max}$ ) e que é  $0,04A_c$  em que  $A_c$  é a secção da viga. Por outro lado, o EC8 pelo cl. 5.4.3.1.2 (5), estabelece o valor mínimo e que é dado pela seguinte expressão:

$$\rho_{min} = 0,5 \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad (8.10)$$

Sendo que:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} \quad (8.11)$$

Em que:

- $A_s$  – Área de armadura traccionada;
- $A_c$  – Área da secção de betão (normalizada por  $b.d$ )

O valor de mínimo de taxa de armadura é o seguinte:

| Betão  | Aço  | $f_{ctm}$ (MPa) | $f_{yk}$ (MPa) | $\rho_{min}$ |
|--------|------|-----------------|----------------|--------------|
| C30/37 | A500 | 2,9             | 500            | 0,0029       |

**Tabela 8.7 - Taxa mínima de armadura**

Deve ser garantida uma ductilidade em curvatura, em todas as zonas críticas (cl. 5.2.3.4 (2)a) do EC8) e esta fica assegurada se o factor de ductilidade em curvatura for pelo menos igual a um dos seguintes valores (cl. 5.2.3.4 (3) do EC8):

$$\mu_\phi = \begin{cases} 2 \cdot q_0 - 1, & T_1 \geq T_c \\ 1 + 2(q_0 - 1) \cdot T_c / T_1, & T_1 < T_c \end{cases} \quad (8.12)$$

Em que:

- $q_0$  – Valor básico do coeficiente de comportamento;
- $T_1$  – Período fundamental do edifício;
- $T_c$  – Limite superior da zona de acelerações constante do espectro de cálculo.

Os valores obtidos foram os seguintes:

| Ductilidade em curvatura |       |           |           |            |
|--------------------------|-------|-----------|-----------|------------|
| Direcção                 | $q_0$ | $T_1$ (s) | $T_c$ (s) | $\mu_\phi$ |
| X                        | 2,0   | 0,57      | 0,6       | 3,105      |
| Y                        | 2,0   | 0,63      | 0,6       | 3          |

**Tabela 8.8 - Ductilidade em curvatura**

Por outro lado, atendendo ao cl. 5.4.3.1.2 (4) do EC8, o requisito de ductilidade fica satisfeito se forem cumpridas as seguintes condições:

- Na zona comprimida é colocada uma armadura se secção não inferior a metade da secção da armadura da zona traccionada;
- A taxa de armadura ( $\rho$ ) na zona traccionada não deve exceder o valor de  $\rho_{max}$ , dado pela seguinte expressão:

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_{\phi} \cdot \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (8.13)$$

Em que:

- $\rho'$  - Taxa de armadura de compressão;
- $\epsilon_{sy,d}$  - Valor de projecto da extensão de cedência da armadura;
- $f_{yd}$  - Valor de projecto da tensão de cedência da armadura de flexão.

O objectivo da verificação anterior é controlar a profundidade da linha neutra porque taxas de armadura elevadas fazem-na aumentar levando à diminuição da ductilidade da secção [6].

Aplicando a expressão anterior obtém-se a seguinte simplificação:

| Betão  | Aço  | $f_{cd}$ (MPa) | $f_{syd}$ (MPa) | $\epsilon_{sy,d}$ | $\rho_{max}$      |
|--------|------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| C30/37 | A500 | 20,00          | 434,783         | 0,002175          | $\rho' + 0,00987$ |

**Tabela 8.9 - Taxa máxima de armadura**

Os valores tomados em consideração são relativos ao EC8 que nestes aspectos é mais exigente.

O EC8, define limites máximos para a relação entre o diâmetro dos varões da armadura principal ( $d_{bl}$ ) e a dimensão da secção do pilar na direcção paralela às vigas ( $h_c$ ) de modo a haver uma compensação do desequilíbrio das forças dos varões em ambos os lados dos nós de ligação viga/pilar (cl. 5.6.2.2 (2) do EC8).

As expressões que devem ser utilizadas são as seguintes:

- Nós viga-pilar interiores:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot v_d}{1 + 0,75 \cdot k_D \cdot \rho' / \rho_{max}} \quad (8.14)$$



- Nós viga-pilar exteriores:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 \cdot v_d) \quad (8.15)$$

Em que:

- $h_c$  – Largura do pilar medida na direcção paralela aos varões;
- $k_D$  – Coeficiente relativo à classe de ductilidade (2/3 para a DCM);
- $\gamma_{Rd}$  – Coeficiente de incerteza do modelo relativo ao valor de cálculo das resistências (1,0 para a DCM);
- $v_d$  – Esforço normal reduzido de cálculo no pilar.

Caso não seja possível cumprir os requisitos anteriores, o EC8 pelo cl. 5.6.2.2 (3), admite a utilização de uma das seguintes disposições construtivas:

- A viga ou a laje poderá ser prolongada horizontalmente sob a forma de tocos exteriores (figura 8.1 a));
- Poderão utilizar-se varões com cabeça ou chapas de amarração soldadas ao topo da armadura principal das vigas (figura 8.1 b));
- Dobragem a 90° dos varões longitudinais com um comprimento mínimo de  $10d_{bl}$  e com armaduras transversais colocadas no interior da dobragem (figura 8.1 c)).

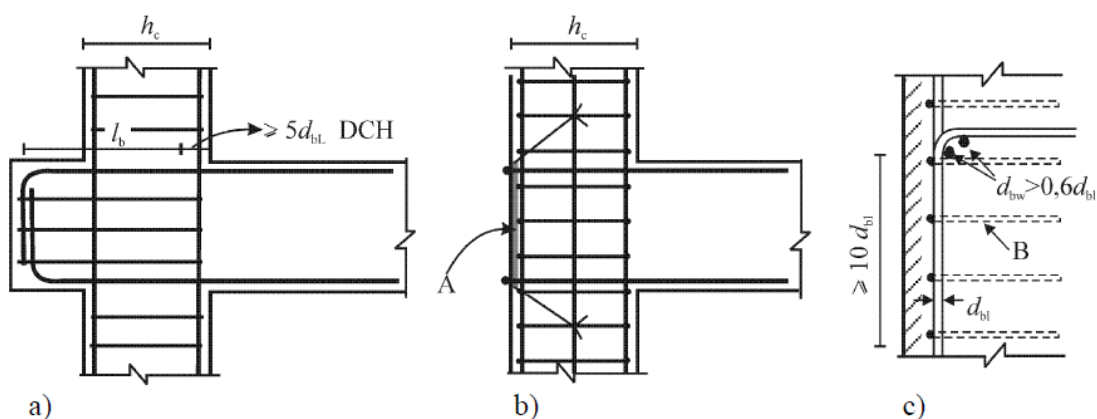


Figura 8.1 - Disposições complementares para amarração dos nós viga-pilar

No caso em estudo, foi utilizada a disposição construtiva c).

Nas tabelas seguintes são mostrados os casos em que se teve de utilizar reforço de armadura.

| Piso 1 |             |                   |             |                   |                                |                                      |
|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Viga   | Nó interior |                   | Nó exterior |                   | Diâmetro máximo utilizado (mm) | Diâmetro da armadura de reforço (mm) |
|        | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) |                                |                                      |
| V1     | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |
| V10    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V11    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V18    | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |
| V24    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V25    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |

**Tabela 8.10 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 1**

| Piso 2 |             |                   |             |                   |                                |                                      |
|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Viga   | Nó interior |                   | Nó exterior |                   | Diâmetro máximo utilizado (mm) | Diâmetro da armadura de reforço (mm) |
|        | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) |                                |                                      |
| V1     | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |
| V10    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V11    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V18    | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |
| V24    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V25    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V30    | 0,35        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V31    | 0,35        | 15                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |

**Tabela 8.11 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 2**

| Piso 3 |             |                   |             |                   |                                |                                      |
|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Viga   | Nó interior |                   | Nó exterior |                   | Diâmetro máximo utilizado (mm) | Diâmetro da armadura de reforço (mm) |
|        | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) |                                |                                      |
| V1     | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |
| V10    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V11    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |

|     |   |   |      |    |    |    |
|-----|---|---|------|----|----|----|
| V18 | - | - | 0,30 | 16 | 20 | 12 |
|-----|---|---|------|----|----|----|

Tabela 8.12 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 3

| Piso 4 |             |                   |             |                   |                                |                                      |
|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Viga   | Nó interior |                   | Nó exterior |                   | Diâmetro máximo utilizado (mm) | Diâmetro da armadura de reforço (mm) |
|        | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) | $h_c$ (m)   | $d_{bl,max}$ (mm) |                                |                                      |
| V10    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V11    | 0,30        | 13                | -           | -                 | 16                             | 10                                   |
| V18    | -           | -                 | 0,30        | 16                | 20                             | 12                                   |

Tabela 8.13 - Diâmetros da armadura de reforço do piso 4

### 8.2.2.2. Armadura transversal

A armadura transversal mínima é dada no cl. 9.2.2 (5) do EC2 e a expressão é a seguinte:

$$\rho_{w,min} = \frac{(0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}} \quad (8.16)$$

Sendo que:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \quad (8.17)$$

Em que:

- $\rho_w$  – Taxa de armadura de esforço transversal;
- $A_{sw}$  – Área de armadura de esforço transversal por unidade de comprimento;
- $s$  – Espaçamento das armaduras de esforço transversal ao longo do eixo longitudinal da viga;
- $b_w$  – Largura da alma da viga;
- $\alpha$  – Ângulo entre as armaduras de esforço transversal e o eixo longitudinal da viga ( $\alpha=90^\circ$ ).

A resistência da armadura transversal é calculada pelo menor dos valores obtidos pelas seguintes expressões:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (8.18)$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (8.19)$$

Em que:

- $f_{ywd}$  – Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal;
- $v_1$  – Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal;
- $\theta$  - Ângulo que define a inclinação das escoras (utilizado  $\theta=45^\circ$ );
- $\alpha_{cw}$  – Coeficiente que tem em conta o estado do betão comprimido (utilizado 1,0).

Em relação ao valor dos espaçamentos das armaduras transversais é preciso verificar os cl. 9.2.2 (6) e cl. 9.2.2 (8) do EC2, que estabelecem respectivamente, o espaçamento máximo ao longo do eixo da viga ( $s_{l,max}$ ) e espaçamento transversal entre ramos de estribos ( $s_{t,max}$ ). As expressões são as seguintes:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d(1 + \cot \alpha) \quad (8.20)$$

$$s_{t,max} = 0,75 \cdot d \leq 600mm \quad (8.21)$$

Relativamente ao EC8, este estabelece um conjunto de critérios que têm de ser verificados e cumpridos de modo a garantir as condições mínimas de confinamento nas zonas críticas das vigas e são eles os seguintes (cl. 5.4.3.1.2 (6) do EC8):

- O diâmetro dos estribos ( $d_{bw}$ ) deve ser igual ou superior a 6mm;
- O espaçamento dos estribos ( $s$ ), na direcção do eixo da viga não deve exceder o valor definido pela seguinte expressão:

$$s = \min \left\{ \frac{h_w}{4}; 24d_{bw}; 225mm; 8d_{bl} \right\} \quad (8.22)$$

Em que:

- $h_w$  – Altura da viga (mm).

- A primeira armadura de confinamento não deve ser colocada a uma distância inferior a 50mm da secção de extremidade da viga.

Os valores dos espaçamentos máximos dos estribos das vigas calculados podem ser consultados no anexo 6.

### 8.2.2.3. Armadura de suspensão

No edifício em estudo, existe um caso (que se repete em todos os pisos) de uma viga que se apoia numa outra e como tal foi necessário dar especial atenção ao dimensionamento da armadura de suspensão existente na zona de apoio. Para melhor identificação, a viga que serve de apoio é a V16 e a apoiada é a V32. O EC2 pelo cl. 9.2.5 (1) faz referência a estes casos e indica que a armadura calculada deve ser adicional à de esforço transverso e que poderá ser distribuída nas zonas não comuns às duas vigas. Neste caso a zona de distribuição deve ser calculada tal como mostra a seguinte figura:

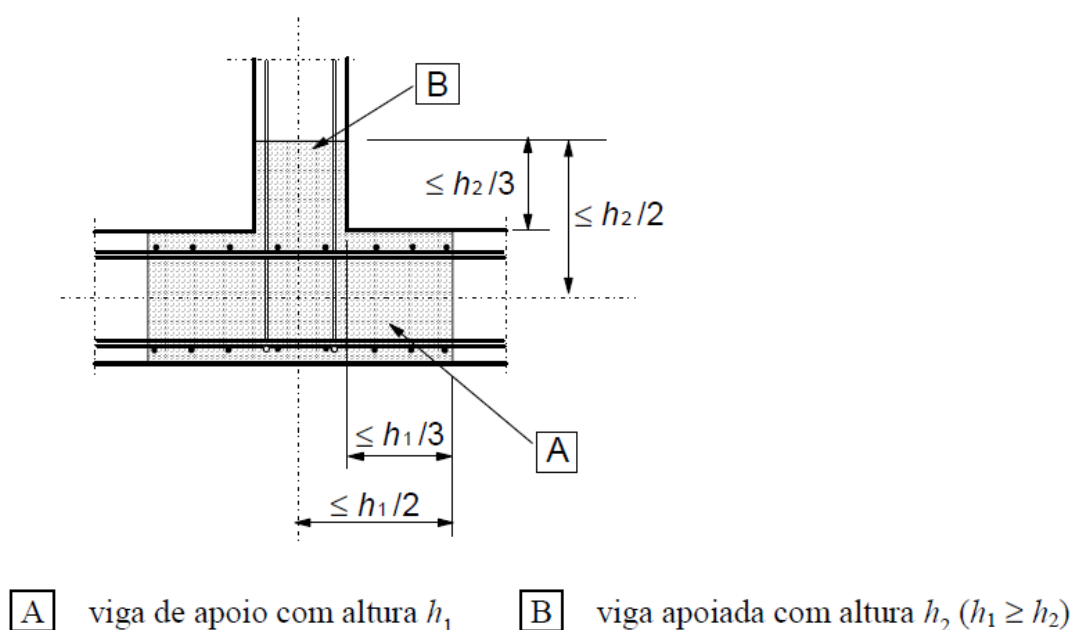


Figura 8.2 - Colocação da armadura de suspensão

Em relação ao valor da armadura, esta deve ser calculada de acordo com a reacção originada no apoio das duas vigas. Exemplificando o caso no piso 1, a reacção calculada foi de 207,504kN. Este valor origina um total de armadura de 4,733cm<sup>2</sup> que deverá ser distribuída ao longo da “área de suspensão”. A armadura de suspensão calculada foi

8,0cm<sup>2</sup>/m que a juntar a necessária para resistir ao esforço transversal instalado (15,1cm<sup>2</sup>/m) originou um total de 23,1cm<sup>2</sup>/m conduzindo a  $\phi 12/0,075$ .

#### 8.2.2.4. Dimensionamento

Para o dimensionamento das vigas sísmicas primárias devem-se utilizar os esforços obtidos da forma segundo consta no cl. 5.4.2.2 (1) do EC8. Contudo, e como referido anteriormente, o programa de cálculo automático utilizado permite a obtenção das armaduras segundo o processo indicado pelo EC8 – *capacity design* – e como tal apenas se expõe um exemplo de uma viga, a saber a viga V27.1 (piso 1).

A obtenção dos esforços transversos devem ser determinados com base no equilíbrio da viga sob a acção de [6]:

- A carga transversal que actua na viga na situação de projecto sísmica;
- Os momentos plásticos nas extremidades tal como se mostra na seguinte figura:

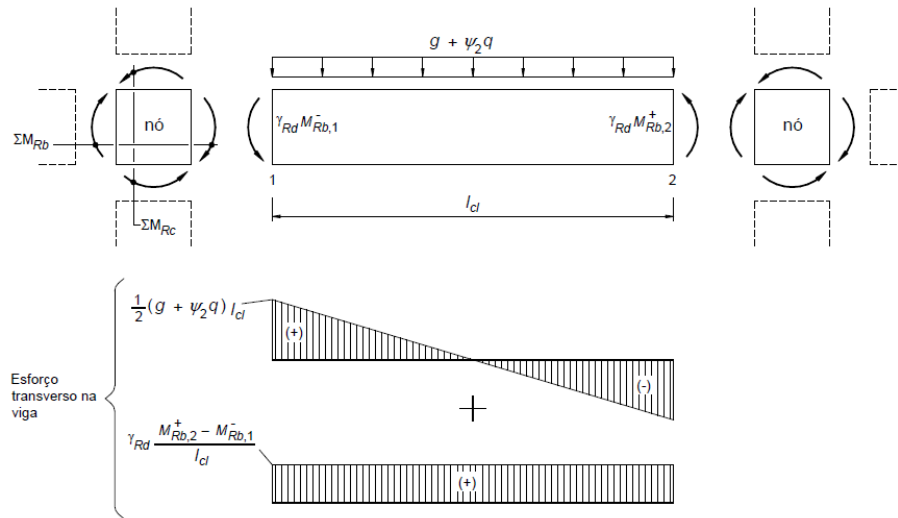


Figura 8.3 - Esforço transversal de cálculo [6]

As expressões de cálculo para os esforços transversos são as seguintes:

$$V_{Ed,1} = \frac{1}{2} \cdot (g + \psi_2 \cdot q) \cdot l_{cl} + \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rb,2}^+ + M_{Rb,1}^-}{l_{cl}} \quad (8.23)$$

$$V_{Ed,2} = -\frac{1}{2} \cdot (g + \psi_2 \cdot q) \cdot l_{cl} + \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rb,2}^- + M_{Rb,1}^+}{l_{cl}} \quad (8.24)$$

Em que:

- $g+\psi_2.q$  – Carregamento uniforme para a combinação quase-permanente de acções;
- $l_{cl}$  – Comprimento livre da viga;
- $\gamma_{Rd}$  – Coeficiente que tem em conta a possível sobre-resistência por endurecimento do aço (igual a 1,0 para DCM);
- $M_{Rb,i}^+$  – Valor de cálculo do momento resistente positivo na extremidade  $i$ ;
- $M_{Rb,i}^-$  – Valor de cálculo do momento resistente negativo na extremidade  $i$ ;

Os momentos por sua vez são obtidos da seguinte forma:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min \left( 1; \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \quad (8.25)$$

Em termos conservativos considera-se o coeficiente de redução  $\sum M_{Rc}/\sum M_{Rb}$  com valor unitário e os momentos nas extremidades são iguais aos momentos resistentes apenas.

O cálculo do momento resistente é efectuado com base nos princípios de que o betão não resiste à tracção, as armaduras estão em cedência e as secções permanecem planas após a fendilhação e a posição da linha neutra é obtida pela seguinte expressão:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad (8.26)$$

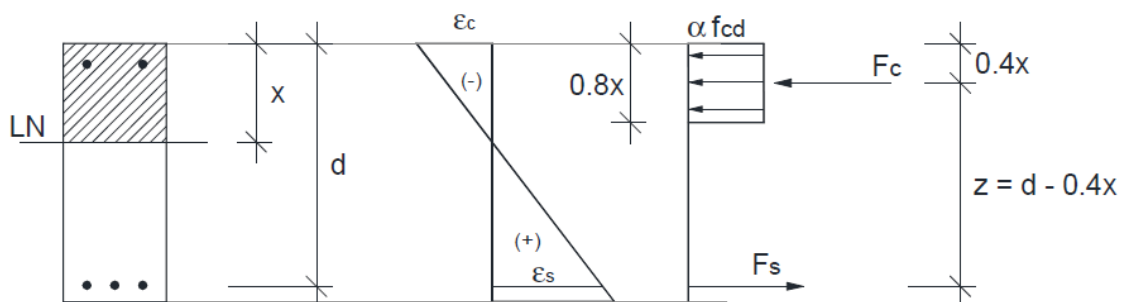


Figura 8.4 - Cálculo do momento resistente da secção

O momento resistente é calculado a partir da força de tracção da armadura  $F_s$  e é dado por:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} (d - 0,4x) \quad (8.27)$$

Posto isto, é possível dar início então ao dimensionamento da viga V27, começando pelas suas características:

| Características da viga |       |       |       |                |                |
|-------------------------|-------|-------|-------|----------------|----------------|
| Viga                    | h (m) | b (m) | d (m) | $f_{yd}$ (MPa) | $f_{cd}$ (MPa) |
| V27.1                   | 0,4   | 0,3   | 0,355 | 434,783        | 20,00          |

Tabela 8.14 - Características base da viga V27.1

| Viga  | Zona | As do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |       | Zona | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |       |       |
|-------|------|----------------------------------|--------|-------|------|--------------------------------|-------|-------|
|       |      | Início                           | Meio   | Fim   |      | Início                         | Meio  | Fim   |
| V27.1 | Sup. | 3,172                            | As,min | 3,172 | Sup. | 3,393                          | 3,393 | 3,393 |
|       | Inf. | 3,172                            | 3,172  | 3,172 | Inf. | 3,393                          | 3,393 | 3,393 |

Tabela 8.15 - Áreas de armadura da viga V27.1

Com estes valores, obtém-se os seguintes momentos resistentes:

| Viga  | Posição da linha neutra (m) |       |       | Momento resistente (kN.m) |        |        |
|-------|-----------------------------|-------|-------|---------------------------|--------|--------|
|       | Início                      | Meio  | Fim   | Início                    | Meio   | Fim    |
| V27.1 | 0,031                       | 0,031 | 0,031 | 50,556                    | 50,556 | 50,556 |
|       | 0,029                       | 0,029 | 0,029 | 50,674                    | 50,674 | 50,674 |

Tabela 8.16 - Posição da linha neutra e respectivo momento resistente da viga V27.1

Os valores de esforços transversos são os seguintes:

| Viga  | Zona | $M_{rd}$ (kN.m) |         | $V_{combq.p.}$ (kN) |         | $V_{ed,calc}$ (kN) |         | L (m) | $V_{ed,max}$ (kN) |
|-------|------|-----------------|---------|---------------------|---------|--------------------|---------|-------|-------------------|
|       |      | Esquerda        | Direita | Esquerda            | Direita | Esquerda           | Direita |       |                   |
| V27.1 | Sup. | 50,556          | 50,556  | 71,737              | 49,203  | 92,870             | 70,336  | 4,790 | 92,870            |
|       | Inf. | 50,674          | 50,674  |                     |         |                    |         |       |                   |

Tabela 8.17 - Esforço transversal de cálculo da viga V27.1

Determinado o esforço transversal condicionante, o valor da armadura de esforço transversal nas zonas críticas é calculado tendo em conta o espaçamento (da armadura) e o comprimento das mesmas.

Segundo o cl. 5.4.3.1.2 (1) do EC8, o comprimento da zona crítica corresponde à altura da viga, portanto:

| Viga  | $l_{cr}=h_w$ (m) |
|-------|------------------|
| V27.1 | 0,4              |

Tabela 8.18 - Comprimento da zona crítica da viga V27.1



O espaçamento máximo das armaduras de esforço transversal calculado foi o seguinte:

| Viga  | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) |
|-------|-----------|---------------|---------------|---------|
| V27.1 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   |

Tabela 8.19 - Espaçamento máximo das armaduras de esforço transversal da viga V27.1

Por fim, deve ser verificado a capacidade resistente da secção ao esforço transversal em função das armaduras arbitradas e as taxas de armadura.

| Verificação da compressão na biela (esf. transversal) |          |           |           |         |       |                |          |                   |
|---|----------|-----------|-----------|---------|-------|----------------|----------|-------------------|
| Viga  | $a_{cw}$ | $b_w$ (m) | $h_w$ (m) | $z$ (m) | $v_l$ | $f_{dc}$ (MPa) | $\theta$ | $V_{rd,max}$ (kN) |
| V27.1   | 1        | 0,3       | 0,4       | 0,3     | 0,528 | 20             | 45       | 506,088           |

Tabela 8.20 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida

| Verificação da armadura de tracção (esf. transversal) |                   |                              |         |                 |          | $V_{Rd,s}$ (kN) | $V_{ed,max}$ (kN) |
|---|-------------------|------------------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|-------------------|
| Viga  | Armadura adoptada | $A_s/s$ (cm <sup>2</sup> /m) | $z$ (m) | $f_{ywd}$ (MPa) | $\theta$ |                 |                   |
| V27.1   | Ø8/0,075          | 13,404                       | 0,320   | 434,783         | 45       | 191,446         | 92,870            |

Tabela 8.21 - Verificação da segurança ao esforço transversal

Este processo deveria ser aplicado a todas as vigas, não fosse o facto de o programa fornecer as armaduras finais como referido anteriormente. Apenas se tem que escolher a armadura tendo em conta os espaçamentos e os comprimentos das zonas críticas que devem ser calculados fora do âmbito do SAP2000. Todos os valores de armaduras, assim como as verificações necessárias, relacionados com as vigas encontram-se no anexo 7.

### 8.2.3. Pilares

#### 8.2.3.1. Armadura longitudinal

O dimensionamento dos pilares inicia-se observando o cl. 9.5.2 (1) do EC2, que indica o diâmetro mínimo do varão a utilizar sendo que o valor é 8mm. Seguidamente, na mesma cláusula, é indicada a expressão da área mínima de armadura longitudinal.

$$A_{s,min} = \frac{0,10 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0,002 \cdot A_c \quad (8.28)$$

Em que:

- $N_{Ed}$  – Valor de cálculo do esforço normal de compressão;
- $f_{yd}$  - Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras;

- $A_c$  – Área da secção de betão.

O EC2, pelo cl. 9.5.2 (3), faz referência à armadura máxima que não deverá ser superior a  $0,04A_c$  fora das zonas de emendas por sobreposição nem a  $0,08A_c$  nas zonas de emendas por sobreposição.

No entanto o EC8 limita a percentagem de armadura num intervalo que vai desde 1% a 4% da área de betão (5.4.3.2.2 (1) do EC8), pelo que são estes valores que foram respeitados. A armadura deve ser distribuída simetricamente, no caso de secções simétricas e deve ser colocado um varão intermédio em cada face do pilar de forma a assegurar a integridade dos nós viga-pilar.

#### 8.2.3.2. Armadura transversal

O diâmetro da armadura transversal está limitado inferiormente a 6mm, ou a um quarto do diâmetro máximo dos varões longitudinais (cl. 9.5.3 (1) do EC2). No caso em estudo não foram usados nunca varões inferiores a 8mm.

O espaçamento das armaduras transversais não deve exceder  $s_{cl,tmax}$  sendo que este espaçamento assume a seguinte formula:

$$s_{cl,tmax} = \min\{20 \cdot \phi_{min,long}; b; 400mm\} \quad (8.29)$$

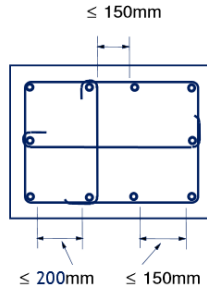
Ainda em relação ao espaçamento das armaduras transversais, o EC2 pelo cl. 9.5.3 (4), indica a sua redução por um factor igual a 0,6 nas seguintes situações:

- Em secções localizadas a uma distância não superior à maior dimensão da secção transversal do pilar, acima ou abaixo de uma viga ou de uma laje;
- Nas zonas de emendas por sobreposição, se o diâmetro máximo dos varões longitudinais for superior a 14mm.

No caso em estudo por segurança e uma vez que dificilmente se identificam as zonas de sobreposição, decidiu-se reduzir todos os afastamentos por este factor sendo que isso coloca o projectista do lado da segurança.

Cada varão longitudinal ou agrupamento de varões, colocado num canto tem de ser travado por armaduras transversais e em zonas de compressão nenhum varão (travado ou não travado) deve distanciar mais de 150mm de um varão travado (cl. 9.5.3 (6) do EC2). Por outro lado, o EC8 no cl. 5.4.3.2.2 (11)b, limita a distância, entre dois varões

que se encontram travados, a 200mm. Uma vez que estas duas cláusulas ofereceram alguma confusão parecendo que estão em conflito, a seguinte imagem demonstra a filosofia usada no decurso deste projecto.



**Figura 8.5 - Espaçamentos entre varões**

À semelhança das vigas, também existem alguns critérios que têm de ser garantidos no que toca às zonas críticas dos pilares.

Segundo o cl. 5.4.3.2.2 (4) do EC8, o comprimento da zona crítica ( $l_{cr}$ ) é calculado da seguinte forma:

$$l_{cr} = \max \left\{ h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 0,45m \right\} \quad (8.30)$$

Em que:

- $h_c$  – Maior distância da secção transversal do pilar;
- $l_{cl}$  – Comprimento livre do pilar.

Contudo no caso de  $l_{cl}/h_c$  ser inferior a 3, toda altura do pilar deve ser considerada como zona crítica assim como nos casos em que os pilares são de canto (cl. 5.9 (3) do EC8) e no piso térreo (cl. 5.9 (1) do EC8).

Nas zonas críticas o espaçamento da armadura transversal não deve ser superior a (cl. 5.4.3.2.2 (11):

$$s = \min \left\{ \frac{b_0}{2}; 175; 8d_{bL} \right\} \quad (8.31)$$

Em que:

- $b_0$  – Dimensão mínima (mm) do núcleo de betão;
- $d_{bL}$  – Diâmetro mínimo dos varões longitudinais (mm).

No caso do esforço normal reduzido para a situação de projecto sísmica ser inferior a 0,2 e o valor do coeficiente de comportamento não superior a 2,0, as zonas críticas podem ser dimensionadas apenas como indicado no EC2.

Os comprimentos das zonas críticas e os espaçamentos da armadura transversal dentro e fora das zonas críticas podem ser consultados no anexo 8.

### 8.2.3.3. Armadura de confinamento

Estando em causa um dimensionamento com vista à exploração da ductilidade, é necessário compensar situações cuja extensão no betão seja superior a  $\varepsilon_{cu2}=0,0035$ . Esta compensação é realizada por meio da armadura de confinamento que se deve verificar da seguinte forma (cl. 5.4.3.2.2 (8) do EC8):

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi} \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (8.32)$$

Em que:

- $\omega_{wd}$  – Taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas;
- $b_c$  – Largura bruta da secção transversal;
- $b_0$  – Largura do núcleo confinado;
- $\alpha$  – Coeficiente de eficácia, igual a  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ ;
  - $\alpha_n$  – Relação entre a área efectivamente confinada e a área no interior das cintas no plano horizontal que contém as cintas;
  - $\alpha_s$  – Relação entre a área da secção efectivamente confinada a meia distância entre as cintas e a área no interior das cintas.

Para secções rectangulares as relações anteriores assumem as seguintes formas:

$$\alpha_n = 1 - \sum_n \frac{b_i^2}{6b_0 \cdot h_0} \quad (8.33)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \quad (8.34)$$

Em que:

- $n$  – Número total de varões longitudinais abraçados lateralmente por cintas ou ganchos;
- $b_i$  – Distância entre varões consecutivamente abraçados.

O valor mínimo  $\omega_{wd}$  na base dos pilares sísmicos é 0,08 (cl. 5.4.3.2.2 (9) do EC8)

#### 8.2.3.4. Pormenorização

Tal como acontece nas vigas, o programa de cálculo usado, fornece os valores da armadura longitudinal e transversal baseados no método *capacity design* pelo que apenas se apresenta em seguida um exemplo de dimensionamento de um pilar (pilar P21 do piso 0)

Contudo, há que analisar com mais pormenor o conceito pilar forte viga fraca observando atentamente o cl. 4.4.2.3 (4) do EC8 que indica a necessidade de em todos os nós das vigas com pilares ser satisfeita a seguinte condição:

$$\sum M_{Rc} \geq 1,3 \sum M_{Rb} \quad (8.35)$$

Em que:

- $\sum M_{Rc}$  – É a soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares ligados ao nó;
- $\sum M_{Rb}$  – É a soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas ligadas ao nó.

Contudo, esta verificação deve ser apenas satisfeita para estruturas classificadas como porticadas ou equivalentes a pórticos não se aplicando portanto ao edifício em estudo pois este foi classificado como sistema de paredes/torsionalmente flexível.

Os momentos nas extremidades dos pilares devem ser determinados da seguinte forma (cl. 5.4.2.3 (2) do EC8):

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min \left( 1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right) \quad (8.36)$$

Usando uma abordagem conservativa, os momentos na extremidade são iguais aos momentos resistentes multiplicados pelo  $\gamma_{Rd}$  que para estruturas DCM é igual a 1,1.

Os valores dos esforços transversos devem ser calculados a partir dos momentos plásticos aplicados nas extremidades como mostra a seguinte figura:

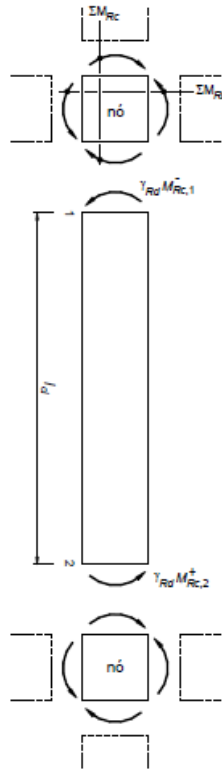


Figura 8.6 - Esforço transversal de cálculo nos pilares [6]

As expressões são as seguintes:

$$V_{Ed}^+ = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rc,2}^+ + M_{Rc,1}^-}{l_{cl}} \quad (8.37)$$

$$V_{Ed}^- = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rc,2}^- + M_{Rc,1}^+}{l_{cl}} \quad (8.38)$$

De modo a evitar uma análise à flexão composta desviada, o processo de dimensionamento pode ser simplificado desde que o momento resistente obtido em flexão composta simples, seja reduzido em 30% (cl. 5.4.3.2.1 (2) do EC8). A verificação passa assim a poder ser feito separadamente em cada direcção.

Tal como nas vigas, importa conhecer a posição da linha neutra e esta é determinada através da seguinte expressão:

$$x = \frac{N + f_{yd}(A_{s1} - A_{s2})}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad (8.39)$$

Através da linha neutra o momento resistente é calculado da seguinte forma:

$$M_{Rd} = \left[ A_{s1} \left( d - \frac{h}{2} \right) + A_{s2} \left( \frac{h}{2} - d_1 \right) \right] \times f_{yd} + 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \left( \frac{h}{2} - 0,4x \right) \quad (8.40)$$

Em que:

- $N$  – Esforço axial na secção;
- $A_{s1}$  – Armadura traccionada;
- $A_{s2}$  – Armadura comprimida;
- $d$  – Distância entre a fibra mais comprimida da secção e o eixo da armadura traccionada;
- $d_1$  – Distância entre a fibra mais comprimida da secção e o eixo da armadura comprimida.

Aplicando as expressões anteriores obtiveram-se os seguintes resultados:

| Características mecânicas do pilar | Pilar P21 (Piso 0) |            |
|------------------------------------|--------------------|------------|
|                                    | Direcção X         | Direcção Y |
| $N_{Ed}$ (kN)                      | 813,696            | 813,696    |
| $A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )        | 6,03               | 6,03       |
| $A_{s2}$ (cm <sup>2</sup> )        | 6,03               | 6,03       |
| $b$ (m)                            | 0,30               | 0,30       |
| $h$ (m)                            | 0,30               | 0,30       |
| $d_1$ (m)                          | 0,05               | 0,05       |
| $d$ (m)                            | 0,25               | 0,25       |
| $f_{yd}$ (MPa)                     | 434,783            | 434,783    |
| $f_{cd}$ (MPa)                     | 20,00              | 20,00      |
| $x$ (m)                            | 0,170              | 0,170      |
| $M_{Rd}$ (kN.m)                    | 119,314            | 119,314    |

Tabela 8.22 - Características mecânicas do pilar P21 (piso 0)

| Direcção X |              |                  |                     |
|------------|--------------|------------------|---------------------|
| Pilar      | $l_{cl}$ (m) | $M_{Rdx}$ (kN.m) | $V_{Edx,calc}$ (kN) |
| P21        | 2,7          | 119,314          | 97,219              |

Tabela 8.23 - Esforço transversal de cálculo do pilar P21 (piso 0) na direcção X

| Direcção Y |             |                 |                    |
|------------|-------------|-----------------|--------------------|
| Pilar      | $l_{cl}(m)$ | $M_{Rdy}(kN.m)$ | $V_{Edx,calc}(kN)$ |
| P21        | 2,7         | 119,314         | 97,219             |

Tabela 8.24 - Esforço transversal de cálculo do pilar P21 ( piso 0) na direcção Y

| Comprimento da zona crítica |     |       |          |              |                                       |          |
|-----------------------------|-----|-------|----------|--------------|---------------------------------------|----------|
| Pilar                       | L   | $h_c$ | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica                          | $l_{cr}$ |
| P21                         | 3,1 | 0,40  | 2,7      | 6,75         | $l_{cr} = \text{Total (piso térreo)}$ | 3,1      |

Tabela 8.25 - Comprimento da zona crítica do pilar P21 ( piso 0)

| Espaçamento máximo das cintas |       |               |      |            |
|-------------------------------|-------|---------------|------|------------|
| Pilar                         | $b_0$ | $d_{bl} (mm)$ | s    | s adoptado |
| P21                           | 0,222 | 16            | 0,11 | 0,10       |

Tabela 8.26 - Espaçamento máximo das cintas do pilar P21 ( piso 0)

Depois de calculados os momentos resistentes, o esforço transversal condicionante, o comprimento da zona crítica e o espaçamento da armadura transversal verifica-se a segurança da secção armada ao esforço transversal.

| Verificação da compressão na biela (esf. transversal) na direcção X |          |           |          |       |       |               |      |                  |
|---|----------|-----------|----------|-------|-------|---------------|------|------------------|
| Pilar   | $a_{cw}$ | $b_w (m)$ | $h_w(m)$ | z (m) | $v_1$ | $f_{dc}(MPa)$ | teta | $V_{Rd,max}(kN)$ |
| P21   | 1        | 0,30      | 0,30     | 0,225 | 0,528 | 20,00         | 45°  | 356,4            |

Tabela 8.27 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida do pilar P21 ( piso 0) na direcção X

| Verificação da compressão na biela (esf. transversal) na direcção Y |          |           |          |       |       |               |      |                  |
|---|----------|-----------|----------|-------|-------|---------------|------|------------------|
| Pilar   | $a_{cw}$ | $b_w (m)$ | $h_w(m)$ | z (m) | $v_1$ | $f_{dc}(MPa)$ | teta | $V_{Rd,max}(kN)$ |
| P21   | 1        | 0,30      | 0,30     | 0,225 | 0,528 | 20,00         | 45°  | 356,4            |

Tabela 8.28 - Verificação do esforço transversal na biela comprimida do pilar P21 ( piso 0) na direcção Y

| Verificação da armadura de tracção (esf. transversal) em X |              |                         |       |                 |      |                 |                      |
|--|--------------|-------------------------|-------|-----------------|------|-----------------|----------------------|
| Pilar  | Armadura     | $A_s/s$<br>( $cm^2/m$ ) | z (m) | $f_{ywd} (MPa)$ | teta | $V_{Rd,s} (kN)$ | $V_{Ed,calc} X (kN)$ |
| P21  | Ø8//0,010 3r | 15,08                   | 0,225 | 434,783         | 45°  | 147,522         | 97,219               |

Tabela 8.29 - Verificação da segurança ao esforço transversal do pilar P21 ( piso 0) na direcção X

| Verificação da armadura de tracção (esf. transversal) em Y |              |                         |       |                 |      |                 |                      |
|--|--------------|-------------------------|-------|-----------------|------|-----------------|----------------------|
| Pilar  | Armadura     | $A_s/s$<br>( $cm^2/m$ ) | z (m) | $f_{ywd} (MPa)$ | teta | $V_{Rd,s} (kN)$ | $V_{Ed,calc} Y (kN)$ |
| P21  | Ø8//0,010 3r | 15,08                   | 0,225 | 434,783         | 45°  | 147,522         | 97,219               |

Tabela 8.30 - Verificação da segurança ao esforço transversal do pilar P21 ( piso 0) na direcção Y

Por fim calcula-se a armadura de confinamento utilizando as expressões apresentadas.



É de referir que este cálculo se efectua só depois de se obter a armadura longitudinal do pilar e a verificação da armadura de confinamento, é realizada comparando a taxa mecânica mínima com a taxa que decorre da armadura transversal escolhida.

| Pilar P21  |                      |       |           |           |           |           |       |
|------------|----------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| $\mu_\phi$ | $\varepsilon_{sy,d}$ | s (m) | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $h_c$ (m) | $h_0$ (m) | $v_d$ |
| 3,105      | 0,002175             | 0,100 | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,450 |

Tabela 8.31 - Dados gerais do pilar P21 ( piso 0)

Substituindo os valores anteriores nas expressões 8.32, 8.33 e 8.34:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30 \times 3,105 \times 0,450 \times 0,002175 \times \frac{0,300}{0,222} - 0,035 = 0,088 \quad (8.41)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{0,100}{2 \times 0,222}\right) \times \left(1 - \frac{0,100}{2 \times 0,222}\right) = 0,600 \quad (8.42)$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{8 \times 0,099^2}{6 \times 0,222 \times 0,222} = 0,735 \quad (8.43)$$

$$\alpha = 0,600 \times 0,735 = 0,441 \quad (8.44)$$

$$\omega_{wd} > \frac{0,088}{0,441} = 0,244 \quad (8.45)$$

$$\omega_{wd} = \frac{1,553 \times 0,503 \times 10^{-4} \times 434,783 \times 10^3}{20,00 \times 10^3 \times 0,222 \times 0,222 \times 0,100} = 0,344 \quad (8.46)$$

E como tal está verificada a armadura de confinamento para este pilar.

Todo este procedimento, excepto o cálculo dos comprimentos das zonas críticas, espaçamento da armadura transversal nas mesmas e verificação da armadura de confinamento, deveria ser realizado para todos os pilares mas como referido o programa

utilizado fornece os valores da armadura baseados nos critérios prescritos no EC2 e EC8. Todos os valores relacionados com os pilares podem ser consultados no anexo 9.

#### 8.2.4. Paredes

Segundo a definição do EC2, uma parede é um elemento cujo comprimento é superior a 4 vezes a espessura.

O edifício em estudo é composto para além do núcleo do elevador, por mais duas paredes (parede P1 e parede P10).

Quanto ao núcleo do elevador, este foi modelado com 3 elementos de barra e o seu dimensionamento foi efectuado do mesmo modo que as restantes paredes.

O conceito utilizado para o dimensionamento das paredes foi o do *pilar fictício* que é também o indicado pelo EC8 e que irá ser explicado em seguida.

##### 8.2.4.1. Conceito pilar fictício

Este conceito faz concentrar as armaduras de flexão nas extremidades das paredes, que são zonas de maiores concentrações de esforços, e estas são calculadas depois, como se fossem pilares.

##### 8.2.4.2. Armadura longitudinal

A armadura longitudinal dos pilares fictícios pode ser calculada tendo em conta o equilíbrio de esforços que actuam na parede como mostra a seguinte imagem:

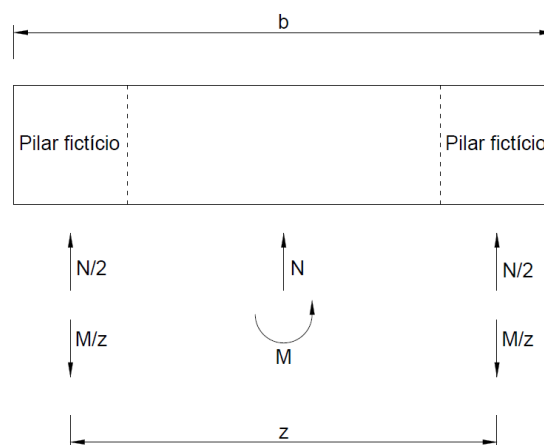


Figura 8.7 - Equilíbrio de esforços na parede

E as expressões a utilizar são as seguintes:

$$F_s = \frac{M}{z} \pm \frac{N}{2} \quad (8.47)$$

$$A_s = \frac{F_s}{f_{syd}} \quad (8.48)$$

Em que:

- $F_s$  – Força de cálculo de tracção;
- $M$  – Momento proveniente da combinação sísmica;
- $z$  – Braço do binário;
- $N$  – Esforço normal actuante.

O esforço normal actuante foi determinado com base no cl. 5.4.2.5 (4) do EC8 que permite a consideração deste igual a 50% do esforço normal na parede devido às forças gravíticas presentes na situação de projecto sísmica.

Para a zona da alma, o EC2, dá indicações de valores mínimos e máximos de armadura pelo cl. 9.6.2 (1) sendo esses valores iguais a 2% e 4% da área de parede respectivamente.

O cl. 9.6.2 (3) do EC2 indica o espaçamento máximo entre dois varões longitudinais que não deve ser superior a:

$$d \leq \min\{3b_w; 400mm\} \quad (8.49)$$

Em que:

- $b_w$  – Espessura da parede.

Por outro lado o EC8 pelo cl. 5.4.3.4.2 (8) indica o valor mínimo de armadura longitudinal nos elementos de extremidade (pilares fictícios) e que não deve ser inferior a 0,5% da área de betão.

O esforço normal reduzido, nas paredes, não deve ser superior a 0,40 (cl. 5.4.3.4.1 (2) do EC8).

#### 8.2.4.3. Armadura horizontal

Relativamente à armadura horizontal (na alma da parede) esta deve ser obtida da seguinte forma (cl. 9.6.3 (1) do EC2):

$$A_{h,horizontal} = \max \left\{ \frac{A_{s,vertical}}{4}; 0,001A_c \right\} \quad (8.50)$$

Em que:

- $A_{s,vertical}$  – Armadura longitudinal total;
- $A_c$  – Área de betão.

#### 8.2.4.4. Armadura transversal

Segundo o cl. 9.6.4 (1) do EC2, deverá dispor-se de armaduras transversais, sob a forma de estribos ou ganchos, em qualquer parte da parede onde a área de armadura vertical nas duas faces for superior a  $0,02A_c$ .

No caso da armadura principal (superior) colocada mais próxima das faces da parede deverá ser utilizada armadura transversal constituída por, pelo menos 4 estribos por  $m^2$  de área de parede (cl. 9.6.4 (2) do EC2).

É de referir que esta armadura transversal é a da alma da parede.

#### 8.2.4.5. Armadura de confinamento

O betão deve também ser cintado nos pilares fictícios e o processo de cálculo da armadura de confinamento é semelhante ao que foi explicado para os pilares. As zonas críticas das paredes são definidas por dois parâmetros. Verticalmente, a armadura de confinamento deve preencher um comprimento  $h_{cr}$  e horizontalmente um comprimento  $l_c$  correspondente à dimensão do pilar fictício, tal como indica o cl. 5.4.3.4.2 (6) do EC8.

O comprimento  $h_{cr}$  é obtido da seguinte forma (cl. 5.4.3.4.2 (1) do EC8):

$$h_{cr} = \max \left\{ l_w; \frac{h_w}{6} \right\} \quad (8.51)$$

Mas:

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w \\ h_s \text{ para } n \leq 6 \text{ pisos} \\ 2h_s \text{ para } n \geq 7 \text{ pisos} \end{cases} \quad (8.52)$$

Em que:

- $l_w$  – Maior dimensão em planta da parede;
- $h_w$  – Altura total da parede acima da fundação ou do nível do solo no caso de existirem caves;
- $h_s$  – Altura livre entre pisos;
- $n$  – Número de pisos.

O comprimento  $l_c$  deve ser obtido da seguinte forma (cl. 5.4.3.4.2 (6) do EC8):

$$l_c \geq \max\{0,15l_w; 1,5b_w\} \quad (8.53)$$

E fica verificado se a seguinte expressão for satisfeita (cl. 5.4.3.2 (6) do EC8):

$$l_c = x_u \left(1 - \varepsilon_{cu2} / \varepsilon_{cu2,c}\right) \quad (8.54)$$

Com:

$$x_u = (v_d + w_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} \quad (8.55)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035 \quad (8.56)$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \omega_{wd} \quad (8.57)$$

Em que:

- $x_u$  – Extensão da zona comprimida no plano de flexão;
- $\varepsilon_{cu2}$  – Extensão última no betão não confinado;
- $\varepsilon_{cu2,c}$  – Extensão última no betão confinado;

Quanto à espessura dos pilares fictícios ( $b_w$ ), este não deve ser inferior a 200mm e deve satisfazer as seguintes condições:

$$b_w \geq \begin{cases} \frac{h_s}{15}, & l_c < \max\{2b_w; 0,2l_w\} \\ \frac{h_s}{10}, & l_c > \max\{2b_w; 0,2l_w\} \end{cases} \quad (8.58)$$

Em relação à expressão que deve ser satisfeita para a verificação da armadura de confinamento, esta está definida no cl. 5.4.3.4.2 (4) do EC8 e é a seguinte:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (8.59)$$

Em que:

- $\omega_v$  – Taxa mecânica das armaduras verticais da alma.

Fora das zonas críticas a armadura (vertical, horizontal e transversal) deve ser calculada como indicado no EC2 (cl. 5.4.3.4.2 (11) do EC8).

Em relação às zonas críticas estas podem ser alvo apenas do indicado no EC2, caso o esforço normal reduzido não seja superior a 0,15 (cl. 5.4.3.4.2 (12) do EC8).

#### 8.2.4.6. Dimensionamento

Aqui se exemplifica o dimensionamento para uma das paredes (parede P1) constituintes do edifício.

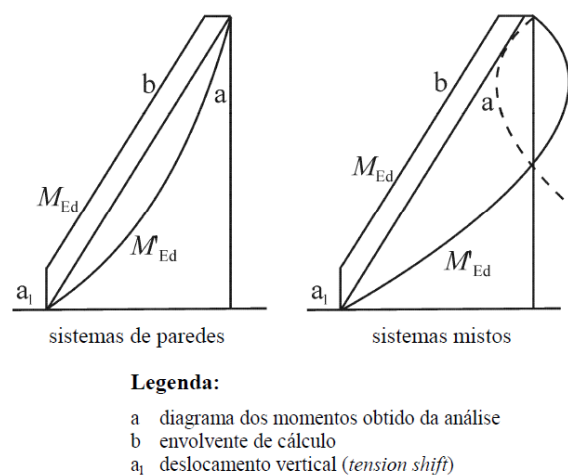
| Características da parede P1 |           |           |         |           |              |           |                 |
|------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| $b_w$ (m)                    | $l_w$ (m) | $l_c$ (m) | $z$ (m) | $h_w$ (m) | $h_{cr}$ (m) | $h_s$ (m) | $b_{w,min}$ (m) |
| 0,30                         | 1,80      | 0,45      | 1,30    | 12,40     | 2,07         | 3,10      | 0,21            |

Tabela 8.32 - Características geométricas da parede P1

| Cálculo da armadura vertical dos pilares fictícios da parede P1 |                    |                 |            |                     |       |                          |                                |              |
|---|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Troço   | $N_{Ed,50\%}$ (kN) | $M_{Ed}$ (kN.m) | $F_s$ (kN) | $N_{Ed,sismo}$ (kN) | $v_d$ | $A_s$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{s,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 3  | -75,666            | 937,745         | 683,509    | -174,038            | 0,011 | 15,721                   | 6,750                          | 8Ø16         |
| Piso 2  | -173,268           | 1488,520        | 1058,382   | -408,954            | 0,025 | 24,343                   | 6,750                          | 12Ø16        |
| Piso 1  | -267,500           | 2039,295        | 1434,938   | -643,990            | 0,040 | 33,004                   | 6,750                          | 12Ø20        |
| Piso 0  | -356,780           | 2359,113        | 1636,312   | -866,919            | 0,054 | 37,635                   | 6,750                          | 12Ø20        |

Tabela 8.33 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede P1

O diagrama de momentos flectores, segundo o cl. 5.4.2.4 (5) do EC8, deve ser determinado por uma envolvente do diagrama dos momentos flectores obtido da análise e deslocado verticalmente tal como mostra a seguinte figura:



**Figura 8.8 - Envolturas do diagrama de momentos flectores das paredes (adaptada do EC8)**

O diagrama de momentos flectores obtido pode ser consultado no anexo 10.

| Cálculo da armadura vertical da alma da parede P1 |                                       |  |              |
|---|---------------------------------------|--|--------------|
| Troço   | A <sub>c,alma</sub> (m <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,min</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 3  | 0,27                                  | 5,40                                   | 8Ø10         |
| Piso 2  | 0,27                                  | 5,40                                   | 8Ø10         |
| Piso 1  | 0,27                                  | 5,40                                   | 8Ø10         |
| Piso 0  | 0,27                                  | 5,40                                   | 8Ø10         |

**Tabela 8.34 - Armadura vertical da alma da parede P1 (por face)**

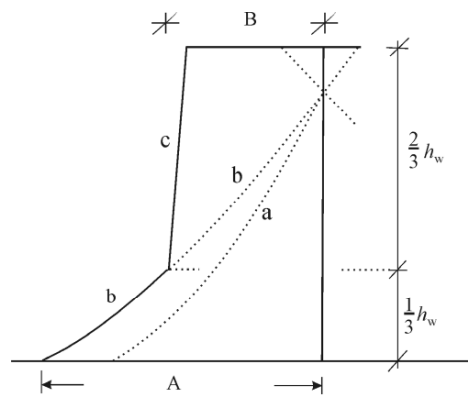
| Cálculo da armadura horizontal da alma da parede P1 |                                   |              |
|---|-----------------------------------|--------------|
| Troço   | A <sub>h</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 3  | 5,592                             | Ø8//0,150    |
| Piso 2  | 7,603                             | Ø8//0,125    |
| Piso 1  | 10,996                            | Ø8//0,100    |
| Piso 0  | 10,996                            | Ø8//0,100    |

**Tabela 8.35 - Armadura horizontal da alma da parede P1 (por face)**

| Verificação da armadura vertical da parede P1 |                                  |  |  |  |
|---|----------------------------------|--|--|--|
| Troço   | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,min</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,total</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,max</sub> (cm <sup>2</sup> ) |
| Piso 3  | 0,54                             | 10,80                                  | 22,368                                   | 216,00                                 |
| Piso 2  | 0,54                             | 10,80                                  | 30,411                                   | 216,00                                 |
| Piso 1  | 0,54                             | 10,80                                  | 43,982                                   | 216,00                                 |
| Piso 0  | 0,54                             | 10,80                                  | 43,982                                   | 216,00                                 |

**Tabela 8.36 - Verificação da armadura vertical total da parede P1**

Definida a armadura vertical e horizontal da parede, calculou-se a armadura transversal necessária para resistir ao esforço transversal que deve ser determinado tal como mostra a seguinte imagem:



**Legenda:**

- a diagrama dos esforços transversos obtidos da análise
- b diagrama dos esforços transversos majorados
- c envoltório de cálculo
- A  $V_{\text{parede, base}}$
- B  $V_{\text{parede, topo}} \geq V_{\text{parede, base}}/2$

**Figura 8.9 - Envoltório do diagrama de esforço transverso das paredes (adaptada do EC8)**

O esforço transverso de cálculo utilizado foi o mais condicionante o que equivale dizer, que a direcção analisada foi a de maior inércia. O diagrama de esforço transverso obtido pode ser consultado no anexo 10.

Em seguida realizaram-se as várias verificações de segurança em relação ao esforço transverso como se mostra pelas seguintes tabelas:

| Verificação da compressão na biela (esf. transverso) da parede P1 |           |           |         |       |                |          |                    |
|---|-----------|-----------|---------|-------|----------------|----------|--------------------|
| $\alpha_{cw}$   | $b_w$ (m) | $h_w$ (m) | $z$ (m) | $v_1$ | $F_{cd}$ (MPa) | teta (°) | $V_{Rd, max}$ (kN) |
| 1   | 0,30      | 12,40     | 1,30    | 0,528 | 20,00          | 45       | 2059,200           |

**Tabela 8.37 - Verificação do esforço transverso na biela comprimida da parede P1**

| Verificação da armadura de tracção (esf. transverso) da parede P1 |               |         |                 |          |                                 |                                      |              |                  |
|---|---------------|---------|-----------------|----------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------------|
| Troço   | $V_{Ed}$ (kN) | $z$ (m) | $f_{ywd}$ (MPa) | teta (°) | $A_{sw/s}$ (cm <sup>2</sup> /m) | $A_{sw/s \min}$ (cm <sup>2</sup> /m) | Disp. adopt. | $V_{Rd, s}$ (kN) |
| Piso 3  | 582,030       | 1,30    | 434,783         | 45       | 10,297                          | 2,350                                | Ø10//0,100   | 643,981          |
| Piso 2  | 657,360       | 1,30    | 434,783         | 45       | 11,630                          | 2,350                                | Ø8//0,100    | 681,862          |
| Piso 1  | 784,025       | 1,30    | 434,783         | 45       | 13,871                          | 2,350                                | Ø8//0,125    | 852,328          |
| Piso 0  | 1013,357      | 1,30    | 434,783         | 45       | 17,929                          | 2,350                                | Ø8//0,125    | 1171,951         |

**Tabela 8.38 - Verificação da segurança ao esforço transverso da parede P1**

Calculada a armadura transversal falta apenas realizar a verificação da armadura de confinamento.



Embora no caso desta parede não fosse necessária a verificação da armadura de confinamento uma vez que o esforço normal reduzido em todos os troços é inferior a 0,15, é demonstrado aqui na mesma o processo utilizado.

Em primeiro lugar calcula-se o espaçamento das cintas para as zonas críticas.

| Espaçamento máximo das cintas da parede P1 |           |               |         |                 |
|--|-----------|---------------|---------|-----------------|
| Elemento                                   | $b_0$ (m) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) | $s_{adopt}$ (m) |
| Parede P1                                  | 0,222     | 16            | 0,111   | 0,100           |

**Tabela 8.39 - Espaçamento máximo das cintas da parede P1**

| Verificação da armadura de confinamento da parede P1 |            |       |            |                      |           |           |          |                   |                     |
|--|------------|-------|------------|----------------------|-----------|-----------|----------|-------------------|---------------------|
| Troço  | $\mu_\phi$ | $v_d$ | $\omega_v$ | $\varepsilon_{sy,d}$ | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $\alpha$ | $\omega_{wd,min}$ | $\omega_{wd,adopt}$ |
| Piso 0   | 3,105      | 0,054 | 0,014      | 0,002175             | 0,300     | 0,222     | 0,575    | 0,030             | 0,145               |

**Tabela 8.40 - Verificação da armadura de confinamento da parede P1**

Caso fosse necessário a verificação da armadura de confinamento, esta estaria satisfeita apenas com a armadura transversal determinada anteriormente.

Por fim, a verificação do comprimento ( $l_c$ ) é apresentada na seguinte tabela:

| Verificação do comprimento $l_c$ dos pilares fictícios da parede P1 |                       |           |           |           |                 |                   |
|---|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-------------------|
| $\varepsilon_{cu2}$   | $\varepsilon_{cu2,c}$ | $l_w$ (m) | $x_u$ (m) | $l_c$ (m) | $l_{c,min}$ (m) | $l_{c,adopt}$ (m) |
| 0,0035  | 0,0052                | 1,80      | 0,165     | 0,055     | 0,45            | 0,45              |

**Tabela 8.41 - Verificação dos comprimentos dos pilares fictícios da parede P1**

Como se pode observar o comprimento do pilar fictício está verificado.

Os cálculos das restantes paredes podem ser consultados no anexo 11.

### 8.2.5. Lajes e escadas

O dimensionamento das lajes e das escadas está sujeito apenas ao disposto no EC2. Estes elementos foram dimensionados directamente através do modelo do SAP2000 e daí retiraram-se os valores de armadura necessários em cada uma das faces e em cada direcção.

As quantidades mínimas e máximas de armadura na direcção principal são determinadas pelo cl. 9.2.1.1 (1) e (3) do EC2 associado às vigas mas com a diferença que na expressão 8.9, o parâmetro  $b_t$  assume o valor igual a 1,0m.

Os valores de armadura são apresentados na seguinte tabela:

| Armatura mínima e máxima na direcção principal |           |         |                |                                  |                                  |
|--|-----------|---------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| $f_{ctm}$ (MPa)                                | $b_t$ (m) | $d$ (m) | $f_{yk}$ (MPa) | $A_{s,min} \text{cm}^2/\text{m}$ | $A_{s,max} \text{cm}^2/\text{m}$ |
| 2,9  | 1         | 0,155   | 500            | 2,337                            | 62                               |

Tabela 8.42 - Armadura mínima e máxima das lajes

Relativamente ao espaçamento entre varões, este é indicado no cl. 9.3.1.1 (3) do EC2 e assume os seguintes valores:

- Armaduras principais :

$$s_{max,slabs} \leq 3h \leq 400mm \quad (8.60)$$

- Armaduras de distribuição:

$$s_{max,slabs} \leq 3,5h \leq 450mm \quad (8.61)$$

Em zonas de momentos máximos as disposições anteriores assumem o seguinte aspecto:

- Armaduras principais:

$$s_{max,slabs} \leq 2h \leq 250mm \quad (8.62)$$

- Armaduras de distribuição:

$$s_{max,slabs} \leq 3h \leq 400mm \quad (8.63)$$

A aplicação das expressões anteriores conduziu a valores de espaçamento de 0,25m contudo o valor máximo utilizado não foi para além de 0,20m. Deste modo foi escolhida uma malha corrida geral  $\phi 10//0,20$  com reforço de armadura em locais pontuais.

O EC2 permite a dispensa de armadura de esforço transversal (6.2.1 (4) do EC2) e a resistência pode ser determinada através do cl. 6.2.2 (1) do EC2 cuja fórmula é a seguinte:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k(100\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (8.64)$$

Em que:

- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$ ;
- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$  d em mm;
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$ ;
- $k_1 = 0,15$ ;
- $A_{sl}$  – Área da armadura de tracção;
- $b_w$  – Menor largura da secção transversal na área traccionada;
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \geq 0,2f_{cd}$ ;
- $N_{Ed}$  – Esforço normal na secção devido às acções aplicadas;
- $A_c$  – Área da secção transversal de betão;
- $v_{min} = 0,035k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ .

A aplicação da expressão anterior conduziu aos seguintes valores:

| Esforço transversal resistente da laje |      |      |                   |          |           |                   |
|--|------|------|-------------------|----------|-----------|-------------------|
| $C_{Rd,c}$                             | k    | k1   | Armadura adoptada | $\rho_l$ | $v_{min}$ | $V_{Rd,c}$ (kN/m) |
| 0,12                                   | 2,00 | 0,15 | $\phi 10//0,20$   | 0,0025   | 0,542     | 107,294           |

Tabela 8.43 - Verificação da segurança ao esforço transversal das lajes

Calculado o esforço transversal resistente basta compará-lo com o esforço transversal actuante nas várias lajes do edifício. Em nenhuma zona foi detectado um valor superior a  $V_{Rd,c}$ , exceptuando alguns valores de pico sem importância. Por este motivo é dispensada a necessidade de armadura de esforço transversal nas lajes bem como nas escadas cuja filosofia é a mesma.

Os gráficos dos valores de armadura das lajes e escadas podem ser consultados no anexo 12.

### 8.2.6. Fundações

As regras gerais das fundações de edifícios são apresentadas nos cl. 4.4.2.6 e 5.8 do EC8. Para o caso em estudo foram utilizadas fundações directas do tipo sapata, ligadas entre si por vigas de fundação. Tal como o EC8 indica pelo cl. 4.4.2.6 (2), os esforços nos elementos de fundação foram determinados com base no cálculo pela capacidade real pois não se prevê que estes dissipem energia na situação de projecto sísmica. Deste

modo fica satisfeito o ponto anterior se os esforços forem obtidos através da seguinte expressão (cl. 4.4.2.6 (4) do EC8):

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{R,d} \cdot \Omega \cdot E_{F,E} \quad (8.65)$$

Em que:

- $\gamma_{R,d}$  – Coeficiente de sobrerresistência, considerado igual a 1,0 para coeficientes de comportamento inferiores ou iguais a 3;
- $E_{F,G}$  – Efeito da acção devido às acções não sísmicas, incluídas na combinação de acções para a situação sísmica de cálculo;
- $E_{F,E}$  – Efeito da acção resultante da análise para a acção sísmica de cálculo;
- $\Omega$  – Coeficiente que relaciona o valor de cálculo da resistência da zona ou do elemento  $i$  com o esforço de cálculo actuante na zona ou no elemento  $i$  para a situação de projecto sísmica

Os valores dos coeficientes referidos foram tomados iguais à unidade e portanto a expressão anterior torna-se semelhante à combinação sísmica. Contudo e fazendo uma análise ao modelo utilizando a combinação fundamental com os coeficientes parciais de segurança relativos ao quadro NA-A1.2 (C) do EC0, concluiu-se que os efeitos são maiores e como tal foram estes os de dimensionamento [7].

Tendo em conta o facto de as sapatas estarem ligadas por vigas de fundação, com o objectivo dos momentos na base dos pilares serem absorvidos por estas, as sapatas foram dimensionadas apenas para a reacção vertical.

O dimensionamento e verificação da segurança de uma sapata assentam sobre dois aspectos essenciais, o solo de fundação e a avaliação da segurança da própria sapata como elemento de betão armado.

De um modo geral, a verificação da segurança em relação ao solo fica satisfeita se for cumprida a expressão:

$$\sigma_{solo} \leq \sigma_{adm} \quad (8.66)$$

Em que:

- $\sigma_{solo}$  – Tensão que a sapata impõe no terreno;
- $\sigma_{adm}$  – Tensão que o solo é capaz de suportar.

A tensão que a sapata impõe no solo será determinada através da seguinte expressão:

$$\sigma_{solo} = \frac{N}{A_{sapata}} \quad (8.67)$$

Em que:

- $N$  – Esforço normal na base do pilar mais o peso próprio da sapata;
- $A_{sapata}$  – Área em planta da sapata.

A tensão resistente do solo normalmente é um parâmetro fornecido pelo relatório geotécnico. Para o caso em estudo foi admitido um valor de 200kPa.

De forma a evitar o efeito de punçoamento deve-se procurar sapatas com comportamento rígido e isso ficará satisfeito se a altura da sapata tiver valores superiores a [8]:

$$H \geq \frac{b'}{2} \quad (8.68)$$

Em que:

- $b'$  - É a maior distância entre a face exterior da sapata e a face exterior do pilar.

Quanto ao modelo utilizado para verificação da segurança em relação à própria sapata foi o método de *Labelle* (ou método das bielas) já que é o que melhor simula o comportamento de sapatas rígidas [8]. De uma forma sucinta, este modelo representa o funcionamento interno da sapata através de escoras e tirantes e explora a sua capacidade de absorver as cargas aplicadas.

Em relação a sapatas centradas apresenta-se em seguida a representação gráfica para a obtenção da força de cálculo no tirante de armaduras:

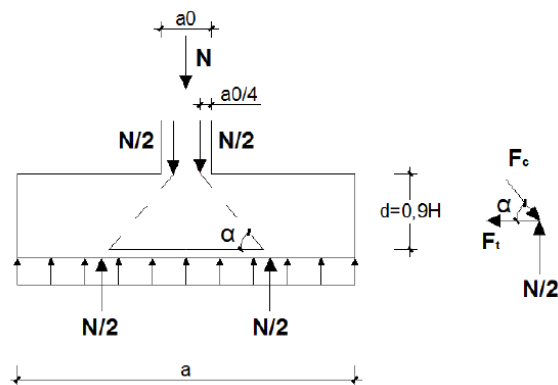


Figura 8.10 - Esquema de cálculo das armaduras para as sapatas com cargas centradas

E as expressões de cálculo são as seguintes:

$$\tan \alpha = \frac{d}{\left(\frac{a-a_0}{4}\right)} \quad (8.69)$$

$$\tan \alpha = \frac{N_b/2}{F_t} \quad (8.70)$$

$$F_{t,sd} = \frac{N_b \cdot \gamma (a - a_0)}{8d} \quad (8.71)$$

Em que:

- $F_{t,sd}$  – Força de cálculo no tirante de armaduras horizontais;
- $N_b$  – Esforço normal na base do pilar mais o peso próprio da sapata;
- $\gamma=1,5$ ;
- $a$  – Largura da sapata na direcção de análise;
- $a_0$  – Largura do pilar na direcção de análise.

Obtida a força de cálculo a armadura ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) necessária pode ser calculada da seguinte forma:

$$A_s = \frac{F_{t,sd}}{f_{syd} \cdot b} \quad (8.72)$$

Em que:

- $b$  – É a dimensão da sapata na direcção oposta à de análise.

Para o caso de sapatas laterais excêntricas o esquema gráfico é o seguinte:

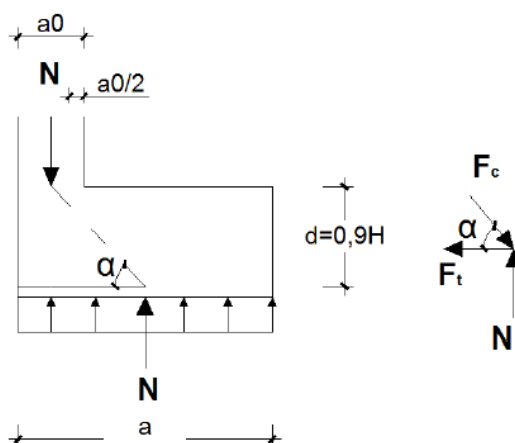


Figura 8.11 - Esquema de cálculo das armaduras para sapatas laterais

E as expressões de cálculo assumem as seguintes formas:

$$\tan \alpha = \frac{d}{\left(\frac{a-a_0}{2}\right)} \quad (8.73)$$

$$\tan \alpha = \frac{N_b}{F_t} \quad (8.74)$$

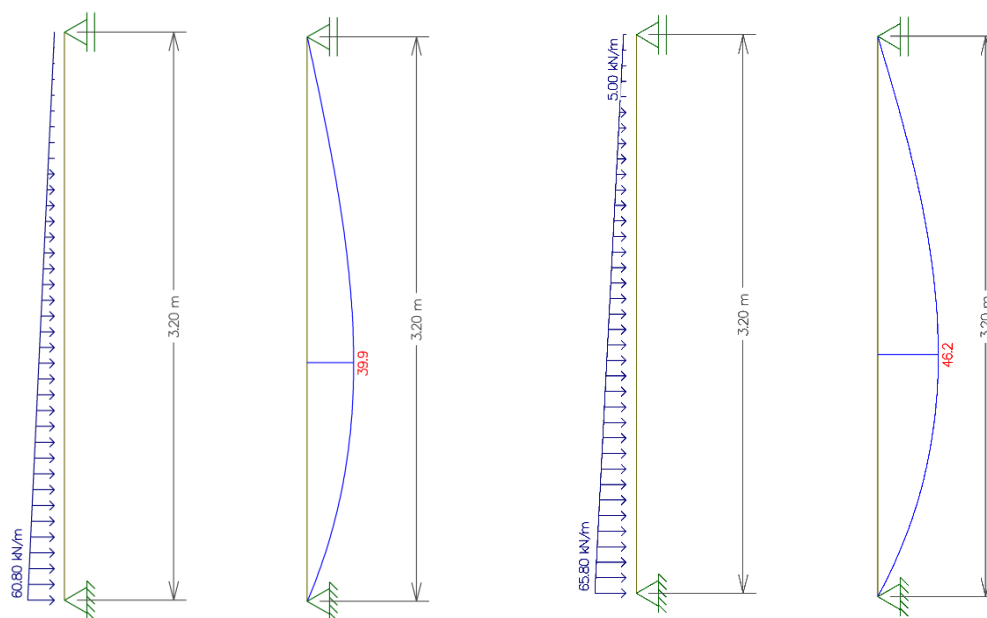
$$F_{t,sd} = \frac{N_b \cdot \gamma \left(\frac{a-a_0}{2}\right)}{d} \quad (8.75)$$

Relativamente às sapatas dos muros de contenção, retiraram-se as reacções verticais de todos os pontos do muro e dividiram-se pelo respectivo comprimento. Deste modo obtiveram-se os esforços por metro de muro.

O dimensionamento de todas as sapatas pode ser consultado no anexo 13.

### 8.2.7. Muros

O dimensionamento dos muros foi realizado através de uma simplificação de cálculo. Modelaram-se os muros como vigas simplesmente apoiadas e determinou-se o momento máximo de cada um como mostram as figuras seguintes:



**Figura 8.12 - Carregamento do solo sem e com arruamentos nos muros e respectivos diagramas de momentos flectores**

Inicialmente identificaram-se quais os muros que recebiam impulsos provenientes de sobrecargas em arruamentos e concluiu-se que os muros 4 e 7 eram adjacentes à rua. Para obter o impulso das sobrecargas nos arruamentos foi considerado um valor de  $10\text{kN/m}^2$ . Os valores que se obtiveram estão na seguinte tabela:

| Muro | $M_{sd}(\text{kN.m/m})$ |
|------|-------------------------|
| M1   | 39,9                    |
| M2   | 39,9                    |
| M3   | 39,9                    |
| M4   | 46,2                    |
| M5   | 39,9                    |
| M6   | 39,9                    |
| M7   | 46,2                    |
| M8   | 39,9                    |

**Tabela 8.44 - Momentos flectores actuantes nos muros**

À semelhança das lajes, também para os muros foi calculado o esforço transverso resistente através da expressão 8.64 e posteriormente comparado com o actuante com o



objectivo de verificar se era necessária armadura de esforço transverso. Tal como nas lajes, não foi necessária armadura de esforço transverso.

O esforço transverso resistente dos muros é o seguinte:

| Esforço transversal resistente dos muros |       |       |                            |          |           |                   |
|--|-------|-------|----------------------------|----------|-----------|-------------------|
| $C_{Rd,c}$                               | k     | $k_1$ | Armadura adoptada (mínima) | $\rho_1$ | $V_{min}$ | $V_{Rd,c}$ (kN/m) |
| 0,120                                    | 1,886 | 0,150 | $\phi 8//0,20$             | 0,0020   | 0,496     | 164,825           |

Tabela 8.45 - Verificação da segurança ao esforço transversal dos muros

Os valores da armadura dos muros podem ser consultados na seguinte tabela:

| Armadura nas duas direcções dos muros |                   |        |          |                                |                                 |                       |                        |
|---------------------------------------|-------------------|--------|----------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Muro                                  | $M_{sd}$ (kN.m/m) | $\mu$  | $\omega$ | $A_{s,Y}$ (cm <sup>2</sup> /m) | $A_{s,X}$ (cm <sup>2</sup> /m)* | Disposição adoptada Y | Disposição adoptada X* |
| M1                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |
| M2                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |
| M3                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |
| M4                                    | 46,2              | 0,0374 | 0,0381   | 4,078                          | 8,700                           | $\phi 10//0,150$      | $\phi 12//0,125$       |
| M5                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |
| M6                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |
| M7                                    | 46,2              | 0,0374 | 0,0381   | 4,078                          | 8,700                           | $\phi 10//0,150$      | $\phi 12//0,125$       |
| M8                                    | 39,9              | 0,0284 | 0,0288   | 3,514                          | 8,700                           | $\phi 10//0,200$      | $\phi 12//0,125$       |

Tabela 8.46 - Armadura adoptada nos muros

\* A armadura na direcção X, foi calculada com recurso à expressão da cláusula 7.3.2 (2) do EC2.

### 8.3. Filosofia adoptada na verificação da segurança em relação aos ELutil.

O objectivo da avaliação da segurança em relação aos estados limites de utilização passa por assegurar a segurança da estrutura durante o seu funcionamento garantindo-se um nível de fendilhação aceitável e limitar a deformação a valores determinados em função do tipo de construção. Deste modo os valores utilizados para as acções, ao contrário do ELU's, são valores médios por serem valores que se esperam actuar na estrutura com maior frequência.

Os estados limites de utilização correntemente verificados são os seguintes:

- Limitação das tensões;
- Controlo da fendilhação;

- Controlo das deformações;
- Limitação de danos segundo o EC8.

### **8.3.1. Limitação das tensões**

Deve-se limitar a tensão de compressão no betão de modo a evitar formação de fendas longitudinais, micro-fendilhação ou níveis de fluência elevados. Quanto às tensões de tracção devem ser limitadas a fim de se evitar deformações não elásticas.

### **8.3.2. Controlo da fendilhação**

A fendilhação é um fenómeno que está sempre presente em estruturas de betão armado onde ocorram flexão ou esforços transversos, e por isso haverá sempre fendas quando a tracção no betão exceder  $f_{ctm}$ , porém estas devem ser controladas de modo a não excederem certos limites e causar aspectos visuais desagradáveis ou aceleração da corrosão das armaduras que pode levar a perda efectiva de resistência das secções.

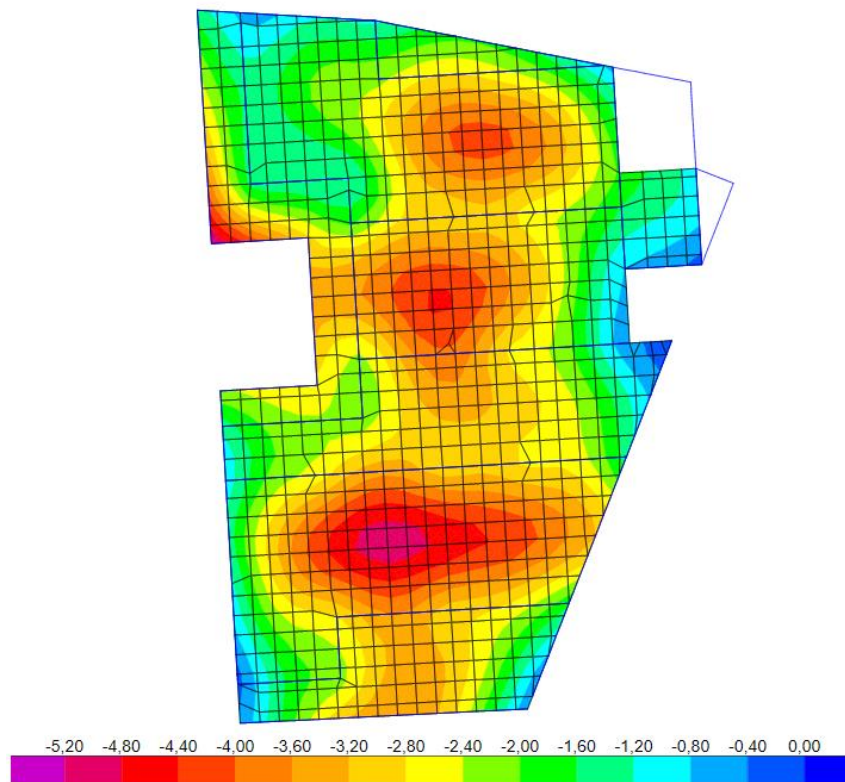
A verificação da fendilhação foi realizada através de um modo indirecto (sem cálculo da abertura de fendas) ficando satisfeita pelo controlo dos diâmetros e dos afastamentos entre varões. No segundo caso a deformação é calculada apenas após a construção.

### **8.3.3. Controlo das deformações**

A filosofia do controlo das deformações é semelhante à do controlo da fendilhação. No entanto, neste caso foram efectivamente calculados os valores das deformações dos pisos e comparados com os valores limite que são  $L/250$  e  $L/500$  para a situação de lajes que suportam paredes de alvenaria ou envidraçados, ambos para a combinação de acções quase-permanente sendo  $L$  o vão da laje. As deformações são calculadas entre apoios.

Uma vez que o edifício é semelhante em altura, quer em termos geométricos, quer em termos de cargas actuantes, apenas foi analisado o piso 4 por ser aquele onde ocorrem as maiores deformações.

Neste piso existem zonas de maiores deslocamentos como se pode observar pela seguinte imagem:



**Figura 8.13 - Deformação do piso 4**

A verificação da deformação cingiu-se apenas ao valor de pico para a zona com os maiores deslocamentos. Ficando verificada para este valor toda a estrutura está verificada quanto a este estado limite de utilização.

Foi então utilizado o seguinte formulário:

$$\delta_{\infty} = \zeta \cdot \delta_{II} + (1 - \zeta) \cdot \delta_I \quad (8.76)$$

Em que:

- $\delta_{\infty}$  - Flecha a longo prazo;
- $\delta_I$  – Flecha instantânea considerando as características da secção determinante não fendilhada;
- $\delta_{II}$  – Flecha instantânea considerando as características da secção determinante fendilhada
- $\zeta$  – Coeficiente de distribuição;

$$M_{cr} = f_{ctm} \times w_c \quad (8.77)$$

Em que:

- $M_{cr}$  – Momento de fendilhação;
- $f_{ctm}$  – Valor médio da tensão de rotura do betão à tracção simples;
- $w_c$  – Módulo de flexão da secção transversal;

$$I_I = \frac{b \times h^3}{12} + b \times \left(x - \frac{h}{2}\right)^2 + \alpha \times A_s (d - x)^2 + \alpha \times A'_s (x - a)^2 \quad (8.78)$$

Em que:

- $x$  – Posição da linha neutra.

$$x = \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + d \cdot \alpha \cdot A_s + a \cdot \alpha \cdot A'_s}{b \cdot h + \alpha (A_s + A'_s)} \quad (8.79)$$

- $\alpha$  – Coeficiente de homogeneização.

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} \quad (8.80)$$

Em que:

- $E_s$  – Módulo de elasticidade do aço.

$$E_{c,eff} = 1,05 \cdot \frac{E_{c,m}}{[1 + \varphi(\infty, t_0)]} \quad (8.80)$$

Retirados os parâmetros necessários do modelo e depois de aplicadas as anteriores expressões obtiveram-se os seguintes resultados:

| Piso   | Momento quase-permanente (kN.m) |
|--------|---------------------------------|
| Piso 4 | 13,85                           |

**Tabela 8.47 - Momento quase-permanente**

| Betão  | $E_{c,m}$ (GPa) | $\phi$ | $E_{c,eff}$ (GPa) | $E_s$ (GPa) | $\alpha$ |
|--------|-----------------|--------|-------------------|-------------|----------|
| C30/37 | 33              | 2,5    | 9,900             | 200         | 20,202   |

**Tabela 8.48 - Módulos de elasticidade e coeficiente de homogeneização**

| Características da secção      | Piso 4  |
|--------------------------------|---------|
| h (m)                          | 0,20    |
| $v_s$ (m)                      | 0,10    |
| $v_i$ (m)                      | 0,10    |
| b (m)                          | 1,00    |
| d (m)                          | 0,155   |
| x (m)                          | 0,10    |
| $A_{s\sup}$ (cm <sup>2</sup> ) | 3,927   |
| $A_{s\inf}$ (cm <sup>2</sup> ) | 3,927   |
| a (m)                          | 0,045   |
| $\alpha$                       | 20,202  |
| $I_I$ (m <sup>4</sup> )        | 0,00071 |
| $I_c$ (m <sup>4</sup> )        | 0,00067 |

**Tabela 8.49 - Momento de inércia da secção não fendilhada**

| Piso   | $f_{ctm}$<br>(MPa) | $w_c$<br>(m <sup>3</sup> ) | $M_{cr}$<br>(kN.m) | $\delta_{0,cp}$<br>(m) | $\delta_{q,p.}$<br>(m) | $I_I/I_c$ | $\delta_I$ (m) | $\delta_{\infty,q.p.}$<br>(m) | $\delta_{\infty,q.p.} - \delta_{0,p.p.}$<br>(m) | L/250<br>(m) | L/500<br>(m) |
|--------|--------------------|----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-----------|----------------|-------------------------------|---|--------------|--------------|
| Piso 4 | 2,6                | 0,0067                     | 17,333             | 0,0049                 | 0,0051                 | 1,072     | 0,0191         | 0,0191                        | 0,0142  | 0,0216       | 0,011        |

**Tabela 8.50 – Momento de fendilhação e verificação das deformações no piso 4**

Antes de se analisar os resultados obtidos, importa fazer uma introdução teórica do método utilizado. Em relação à regulamentação, o EC2 pelo cl. 7.4.1 (6), permite a verificação da deformação por um dos dois seguintes processos:

- Limitação da relação vão/altura;
- Comparação de uma flecha calculada com valores limite.

O processo utilizado foi o segundo.

A expressão de cálculo mais adequada, resulta da aplicação do Método Bilinear, estabelecido por Favre, e é referida no EC2 pelo cl. 7.4.3 (3) [9]. Basicamente a aplicação desta expressão consiste em analisar a peça de betão armado em dois estados distintos. No primeiro estado considera-se que a peça não apresenta fendilhação e no segundo considera-se totalmente fendilhada. Realiza-se o cálculo para as duas situações e efectua-se em seguida uma interpolação utilizando a referida expressão e que é a seguinte:

$$\alpha = \zeta \cdot \alpha_{II} + (1 - \zeta) \cdot \alpha_I \quad (8.81)$$

Em que:

- $\alpha$  – Parâmetro de deformação;
- $\alpha_{II}$  e  $\alpha_I$  – Valores do parâmetro calculado, respectivamente para os estados não fendilhados e totalmente fendilhados;
- $\zeta$  – Coeficiente de distribuição que é nulo para secções não fendilhadas ( $M < M_{cr}$ ).

No caso específico o momento de cálculo é inferior ao momento crítico (momento para o qual se dá o aparecimento da 1ª fenda) e como tal a o cálculo da deformação fica remetida apenas ao estado I.

Seguidamente podem ser usados vários métodos de cálculo sendo que o utilizado neste trabalho foi o Método dos Coeficientes Globais [10] que deriva do referido Método Bilinear.

Considerando a fluência do betão e desprezando a retracção o método usado recai na seguinte simplificação:

$$\delta_I = (1 + \varphi) \cdot \delta_{q,p} \cdot (I_I/I_c) \quad (8.82)$$

Em que:

- $\varphi$  – Coeficiente de fluência;
- $\delta_{q,p}$  – Flecha elástica para a combinação de acções quase-permanente;
- $I_I/I_c$  – Relação de inércias entre a secção não fendilhada e a secção de betão.

Relativamente aos resultados obtidos e tendo em atenção que a flecha a longo prazo após a construção será a diferença entre a flecha a tempo infinito para a combinação de acções quase permanente e a flecha apenas para o peso próprio da estrutura, verifica-se que o valor é superior a  $L/500$ . No entanto nesta zona da laje não há paredes divisórias ou envidraçados e como tal está verificado o controlo da deformação. Em todo o caso se fosse necessário corrigir esta situação, a solução passaria por introduzir uma contra-flecha na cofragem de cerca de 4mm, o que regulamentarmente está dentro do limite máximo ( $L/250$ ). Para todos os outros casos considera-se satisfeita a deformaç

### 8.3.4. Limitação de danos segundo o EC8

A limitação de danos prescrita no EC8 refere-se aos danos provocados por um sismo de menor intensidade. Estes danos devem ser controlados de modo a ficar preservada a segurança dos elementos estruturais e a recuperação dos danos nos elementos não estruturais deve ser economicamente viável. Deste modo fica satisfeita a limitação de danos se for cumprida a seguinte expressão (cl. 4.4.3.2 (1) do EC8):

$$d_r \cdot v \leq 0,005h \quad (8.83)$$

Em que:

- $d_r$  – Valor de cálculo do deslocamento entre pisos;
- $v$  – Coeficiente de redução relacionado com o mais baixo período de retorno da acção sísmica, associado ao requisito de limitação de danos;
- $h$  – Altura entre pisos.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

| Limitação de danos na direcção X |        |      |               |      |       |                       |              |
|----------------------------------|--------|------|---------------|------|-------|-----------------------|--------------|
| Piso                             | d (mm) | q    | $d_{rx}$ (mm) | v    | h (m) | $d_{rx} \cdot v$ (mm) | 0,005.h (mm) |
| Cobertura                        | 3,49   | 2,00 | 6,978         | 0,40 | 2,70  | 2,791                 | 13,50        |
| 4                                | 4,32   |      | 8,636         |      | 3,10  | 3,454                 | 15,50        |
| 3                                | 5,32   |      | 10,641        |      | 3,10  | 4,256                 | 15,50        |
| 2                                | 5,78   |      | 11,568        |      | 3,10  | 4,627                 | 15,50        |
| 1                                | 5,29   |      | 10,583        |      | 3,10  | 4,233                 | 15,50        |

Tabela 8.51 - Limitação de danos na direcção X

| Limitação de danos na direcção Y |        |      |               |      |       |                       |              |
|----------------------------------|--------|------|---------------|------|-------|-----------------------|--------------|
| Piso                             | d (mm) | q    | $d_{ry}$ (mm) | v    | h (m) | $d_{ry} \cdot v$ (mm) | 0,005.h (mm) |
| Cobertura                        | 2,09   | 2,00 | 4,190         | 0,40 | 2,7   | 1,676                 | 13,50        |
| 4                                | 3,39   |      | 6,788         |      | 3,1   | 2,715                 | 15,50        |
| 3                                | 3,85   |      | 7,699         |      | 3,1   | 3,080                 | 15,50        |
| 2                                | 4,30   |      | 8,595         |      | 3,1   | 3,438                 | 15,50        |
| 1                                | 5,43   |      | 10,861        |      | 3,1   | 4,344                 | 15,50        |

Tabela 8.52 - Limitação de danos na direcção Y

O processo de cálculo dos deslocamentos entre pisos foi o mesmo utilizado na verificação dos efeitos de 2ª ordem.





# 9

## CONCLUSÃO

---

As conclusões gerais retiradas da realização deste trabalho, foram em primeiro lugar, que a elaboração de um projecto deste cariz requer uma grande responsabilidade dado o nível da complexidade que o dimensionamento apresenta em si mesmo. Nenhuma etapa deve ser descurada sob pena de se acumularem erros que originem consequências indesejáveis com a criação de estruturas não funcionais, ou no limite, provocando o seu colapso colocando a segurança dos seus utilizadores em causa. O conhecimento e a experiência do projectista são fundamentais e têm de assentar sobre todos os critérios estabelecidos nas regulamentações disponíveis. Ora, as duas primeiras valências, só se concretizaram com o apoio imprescindível de um orientador que mostrou o caminho geral na elaboração deste projecto.

A elaboração deste trabalho, permitiu também o confronto com os novos critérios de dimensionamento prescritos no EC8, que muito à custa do denominado *capacity design*, origina estruturas menos robustas mas mais capazes de se adaptarem à acção sísmica através da ductilidade dos seus elementos mais aptos a dissipar energia.

De uma forma geral foram percorridas todas as etapas inerentes ao projecto desde a concepção estrutural até à pormenorização de todos os elementos. Este projecto, ainda que académico, trouxe um enriquecimento inequívoco que permitiu uma aproximação ao modo profissional utilizado recorrentemente. Esse era também um dos objectivos e está claro que foi atingido uma vez que o projecto final apresentado está próximo daquilo que é feito nos gabinetes de projecto.

Em termos particulares o edifício em estudo, mostrou o quão difícil pode ser a harmonização entre a arquitectura e a estrutura. O conflito gerado pelas duas partes só

pode ser atenuado com a colaboração de ambos os responsáveis. A irregularidade apresentada pelo edifício assim como a divisão das fracções escolhida, dificultou a implantação dos pilares e da utilização de uma malha regular e ortogonal. O facto do núcleo do elevador estar tão deslocado do centro do edifício, obrigou à implantação de paredes de modo a compensar a distribuição de esforços assim como a maior incidência da acção sísmica em apenas uma das zonas da estrutura. Nesse aspecto, o edifício em estudo revelou-se um feliz desafio pelo que foi necessária alguma criatividade na concepção estrutural.

O projecto em causa permitiu a pormenorização dos tipos mais correntes de elementos estruturais, o que traz uma preparação para o futuro profissional bastante boa.

Outro aspecto retirado da realização deste trabalho foi a familiarização com as mais actuais ferramentas tecnológicas de trabalho como o *AutoCAD* e o *SAP2000*, programas utilizados vulgarmente na elaboração de projectos de estruturas. Especificamente, o *SAP2000*, sendo um programa de cálculo automático de elementos finitos, facilita a interpretação de resultados, em tempo real, das várias soluções estruturais escolhidas. Uma ferramenta deste tipo, não só encurta bastante o tempo de trabalho como apresenta resultados mais fidedignos, bastando para isso uma introdução correcta do modelo em estudo. Obviamente que não substituiu – nem deve – o espírito crítico que um projectista deve incutir em todos os seus trabalhos.

Por todas estas razões, o trabalho realizado foi uma agradável e enriquecedora experiência que constitui o ponto de partida para o que vai para lá da experiência académica.

## BIBLIOGRAFIA

---

- [1] LOPES, M. – “Sismos e Edifícios”, ORION, 2008
- [2] GUERREIRO, L. – “Revisões de Análise Modal e Análise Sísmica por espectros de resposta – Apontamentos de Dinâmica Engenharia Sísmica”, IST, 1999
- [3] GEORGE, S & VARGHESE, V. – “General Concepts of Capacity Based Design”, IITEE, 2012
- [4] DINIS, L. – “Teoria clássica das placas finas – Capítulo 2”, FEUP
- [5] CAMARA, J. – “Estruturas de Betão I – Folhas de apoio às aulas”, IST, 2013
- [6] JACINTO, L. – “Dimensionamento sísmico de edifícios de betão segundo o EC8-1, ISEL, 2013
- [7] JACINTO, L. – “Bases para o projecto de estruturas segundo o EC0”, ISEL, 2013
- [8] GORGULHO, A. – “Betão Estrutural II”, ISEL 2007
- [9] “O betão armado – Capítulo 10”, ISEL, Versão 02
- [10] LÚCIO, V. - “Estruturas de betão armado I – Capítulo 10”, FCT – UNL, 2006
- Bibliografia consultada mas sem referência específica ao longo do texto:*
- Apontamentos da disciplina de Engenharia Sísmica, ISEL, 2012
- CARVALHO, E. – “Eurocódigo 8 – Acção Sísmica e Edifícios”, LNEC, 2010
- MENDES, P. – “Dinâmica de estruturas”, ISEL, 2012
- NP EN 1990:2009; “Eurocódigo 0 – Bases para o projecto de estruturas”, CEN, Bruxelas
- NP EN 1991-1-1:2009: “Eurocódigo 1 – Acções em Estruturas – Parte 1-1: Acções gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios”, CEN, Bruxelas

NP EN 1992-1-1:2010; “Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios”, CEN, Bruxelas

NP EN 1998-1:2010; “Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios”, CEN, Bruxelas

NP EN 206-1:2007; “Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”, CEN, Bruxelas

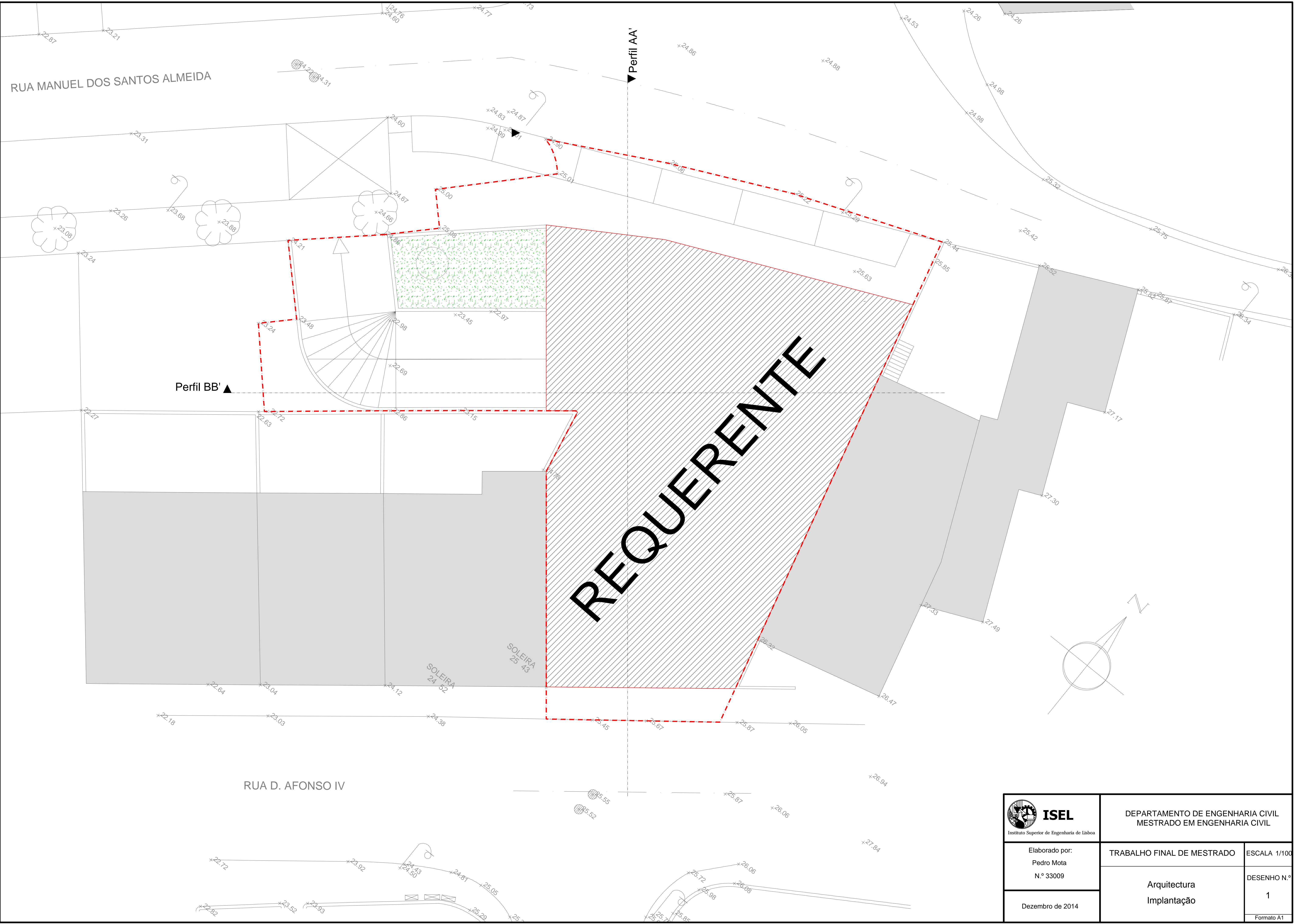
# PEÇAS DESENHADAS


---

## Lista de peças desenhadas:

| Número          | Designação                                  |
|-----------------|---|
| 1/53 até 6/53   | Arquitectura – Plantas, alçados e cortes    |
| 7/53 até 9/53   | Dimensionamento – Plantas                   |
| 10/53 até 17/53 | Betão armado – Pilares e núcleo de elevador |
| 18/53 até 46/53 | Betão armado – Vigas                        |
| 47/53 até 53/53 | Betão armado – Lajes, escadas e muros       |

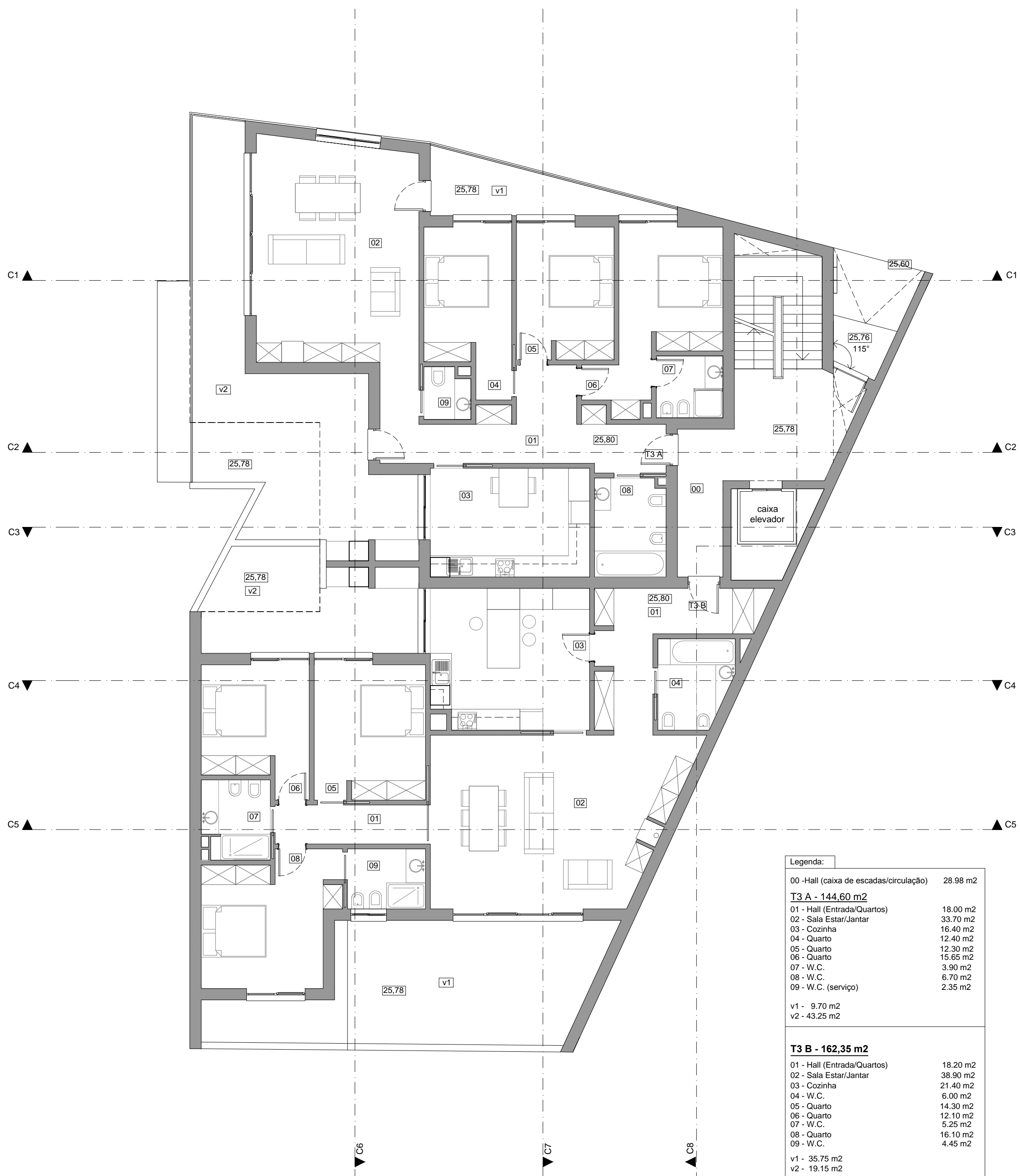




|  |  |  |
|--|--|--|
|  <b>ISEL</b><br><small>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</small> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |  |
|  | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO                     |
|  | Dezembro de 2014   | Arquitectura<br>Implantação                    |
|  |  | ESCALA 1/100<br>DESENHO N.º<br>1<br>Formato A1 |

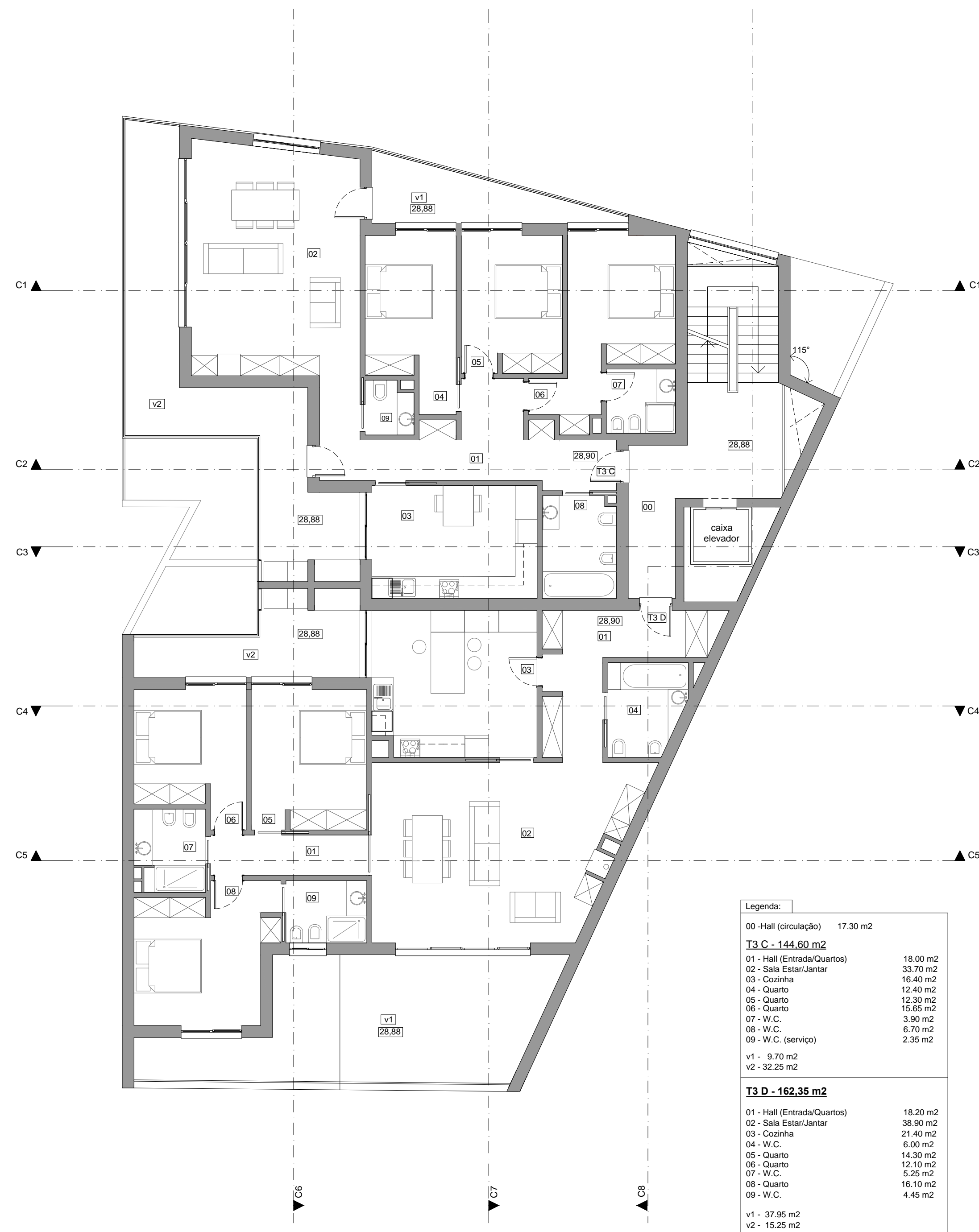


Planta da cave

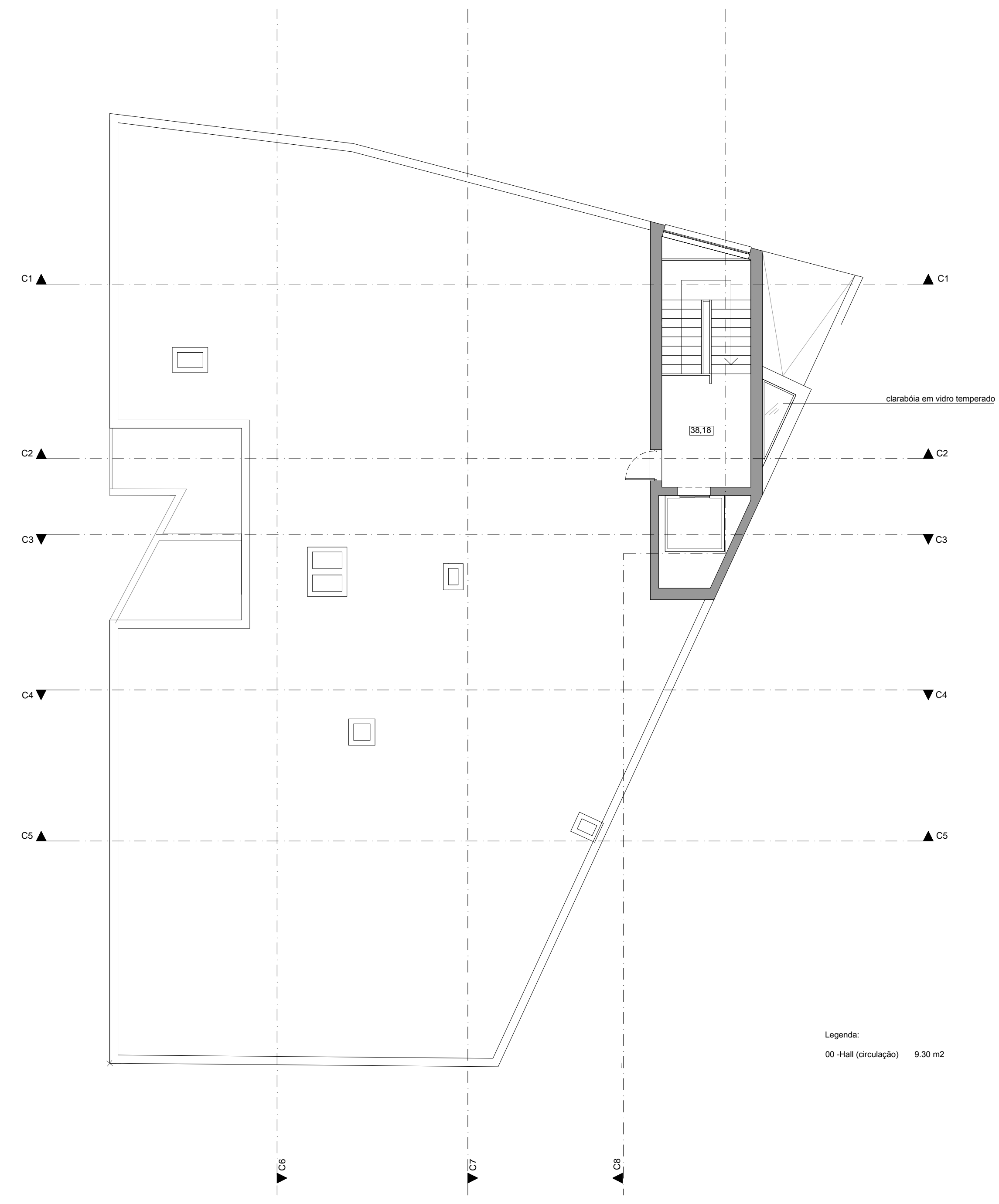


Planta do piso 0

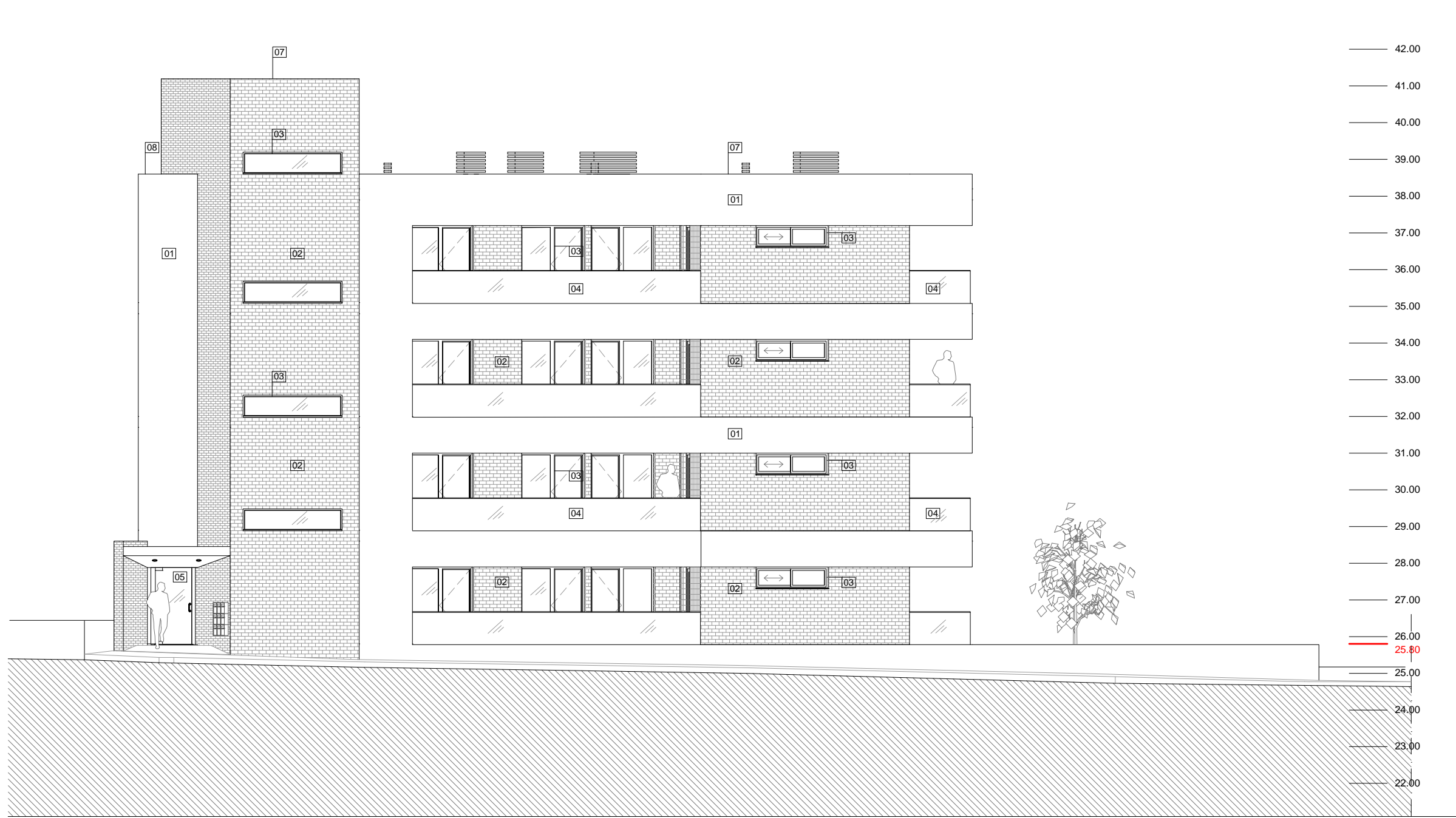




Planta dos pisos 1,2 e 3



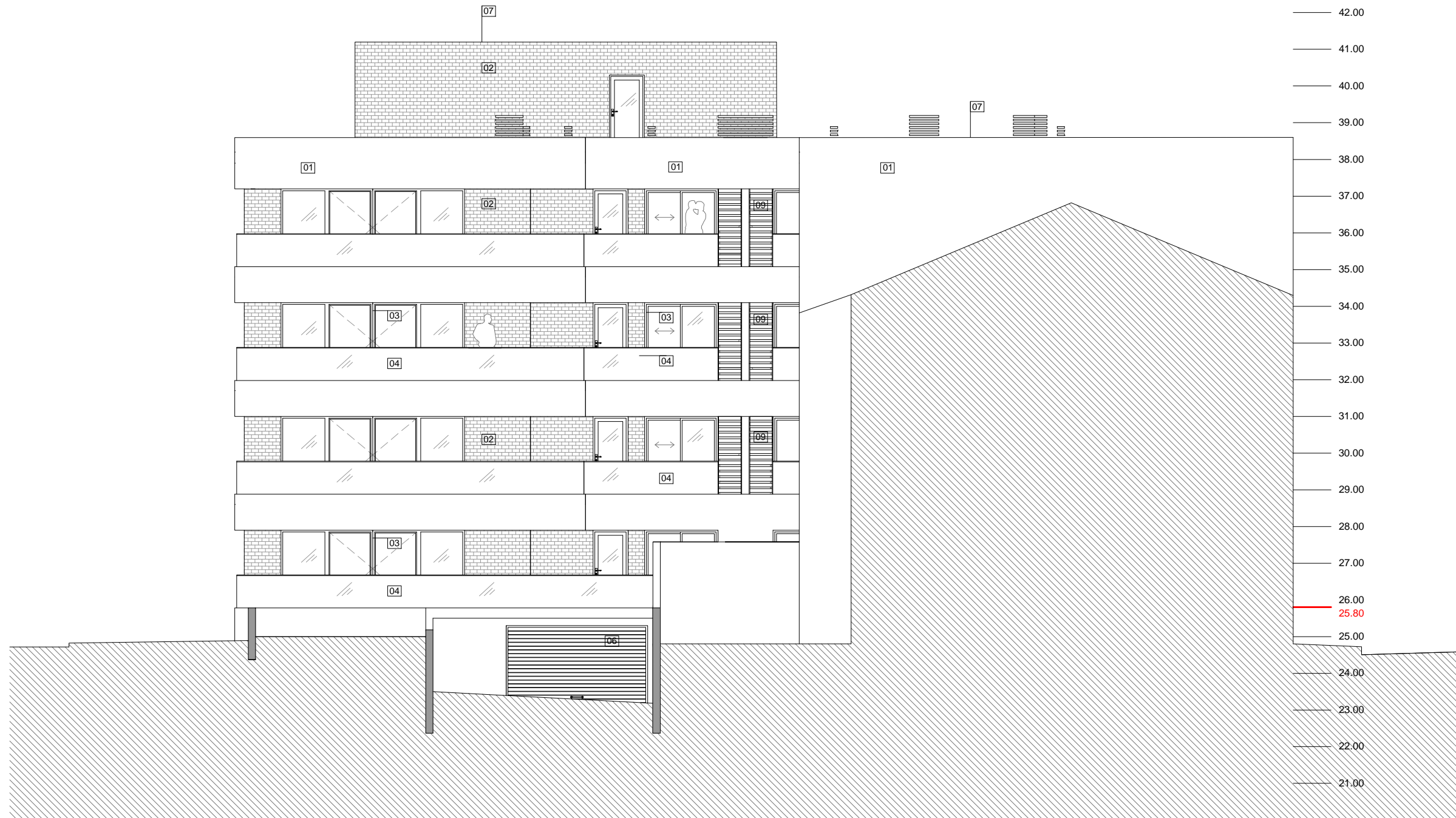
Planta do piso 4



Legenda de Acabamentos:

- 01 - Reboco pintado à cor branca
- 02 - Forra em Tijolo tipo Cíker Mediterrâneo "La Oliva"
- 03 - Caixa-hieria em alumínio anodizado à cor natural
- 04 - Corrimão em vidro temperado
- 05 - Porta de entrada em vidro temperado
- 06 - Portão da garagem em PVC (cinza)
- 07 - Cobertura em seixo rolado
- 08 - Clareira em vidro temperado
- 09 - Painel tipo veneziano em alumínio anodizado à cor natural

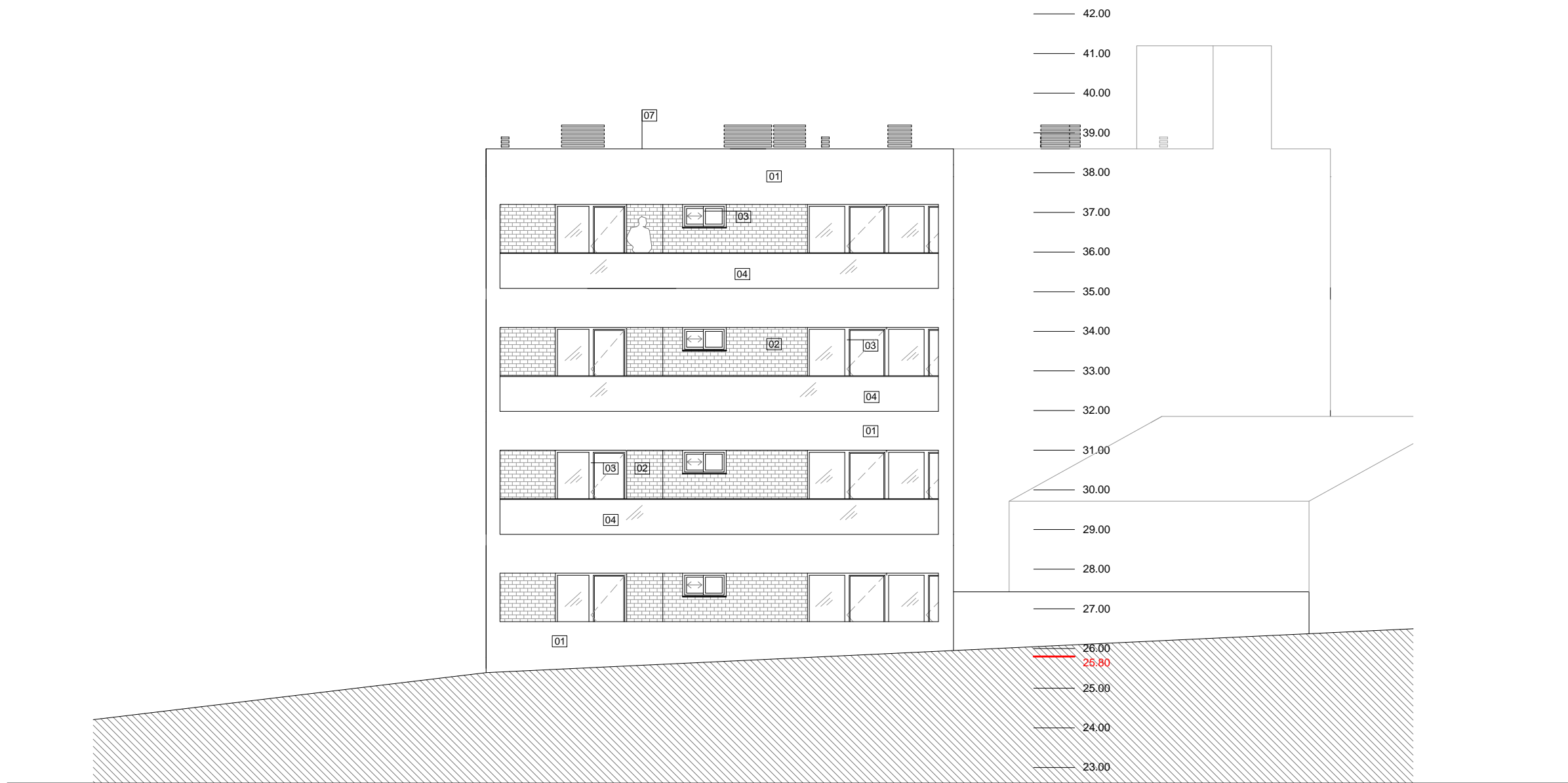
Alçado principal



Legenda de Acabamentos:

- 01 - Reboco pintado à cor branca
- 02 - Forra em Tijolo tipo Cíker Mediterrâneo "La Oliva"
- 03 - Caixa-hieria em alumínio anodizado à cor natural
- 04 - Corrimão em vidro temperado
- 05 - Porta de entrada em vidro temperado
- 06 - Portão da garagem em PVC (cinza)
- 07 - Cobertura em seixo rolado
- 08 - Clareira em vidro temperado
- 09 - Painel tipo veneziano em alumínio anodizado à cor natural

Alçado lado direito



Legenda de Acabamentos:

- 01 - Reboco pintado à cor branca
- 02 - Forra em Tijolo tipo Cíker Mediterrâneo "La Oliva"
- 03 - Caixa-hieria em alumínio anodizado à cor natural
- 04 - Corrimão em vidro temperado
- 05 - Porta de entrada em vidro temperado
- 06 - Portão da garagem em PVC (cinza)
- 07 - Cobertura em seixo rolado
- 08 - Clareira em vidro temperado
- 09 - Painel tipo veneziano em alumínio anodizado à cor natural

Alçado posterior

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  <b>ISEL</b><br>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                                |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO     |
|   | Arquitectura<br>Alçados  | ESCALA 1/125                   |
|   |  | DESENHO N.º<br>4<br>Formato A1 |

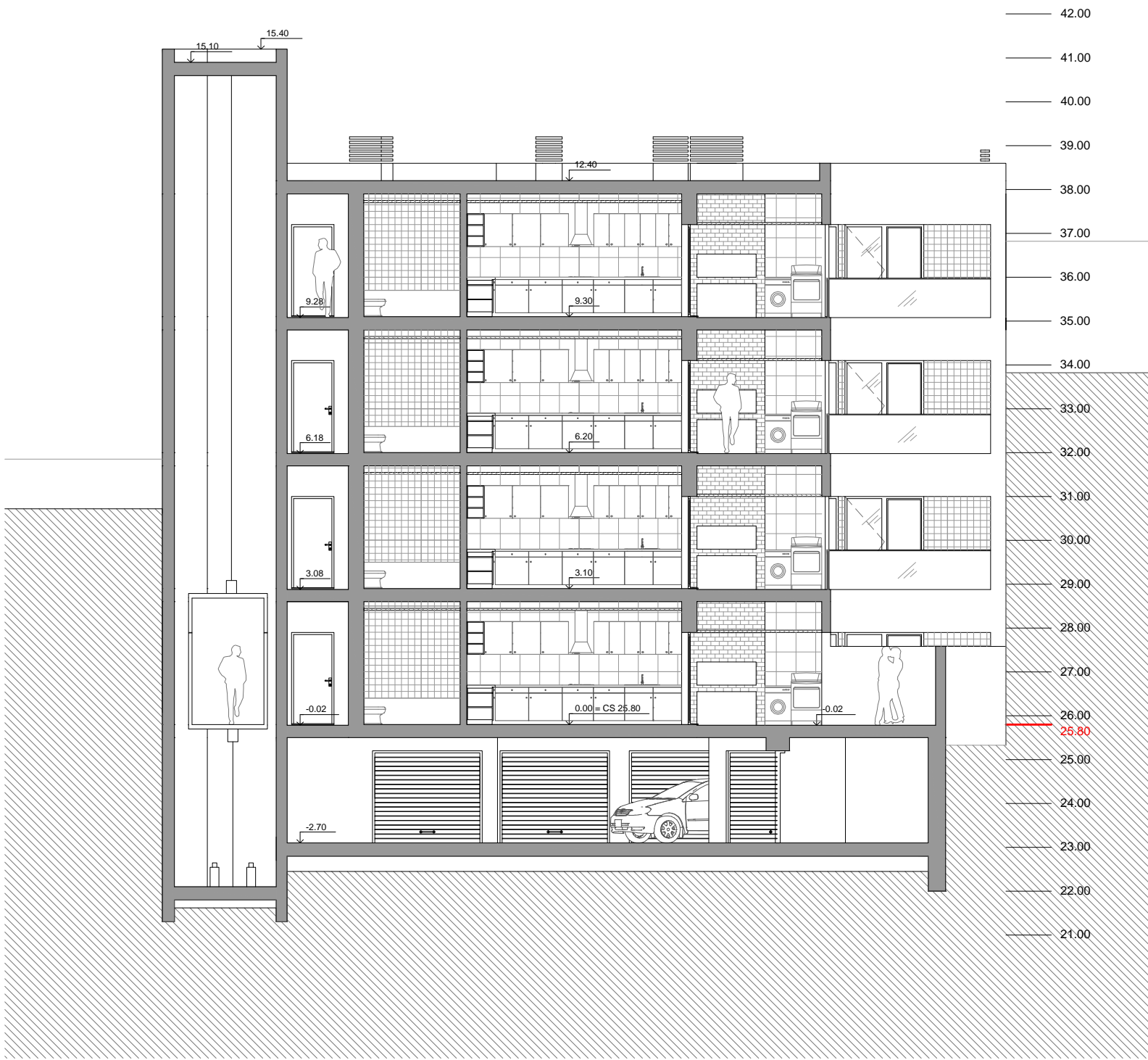




C1




C2



C3



C4

|   |  |  |
|---|--|--|
| <div><div><div>ISEL</div><div>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</div></div></div> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |  |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO             |
|   | Dezembro de 2014   | Arquitectura<br>Cortes C1, C2, C3 e C4 |
|   |  | ESCALA 1/125                           |
|   |  | DESENHO N.º                            |
|   |  | 5                                      |
|   |  | Formato A1                             |



C5




C6



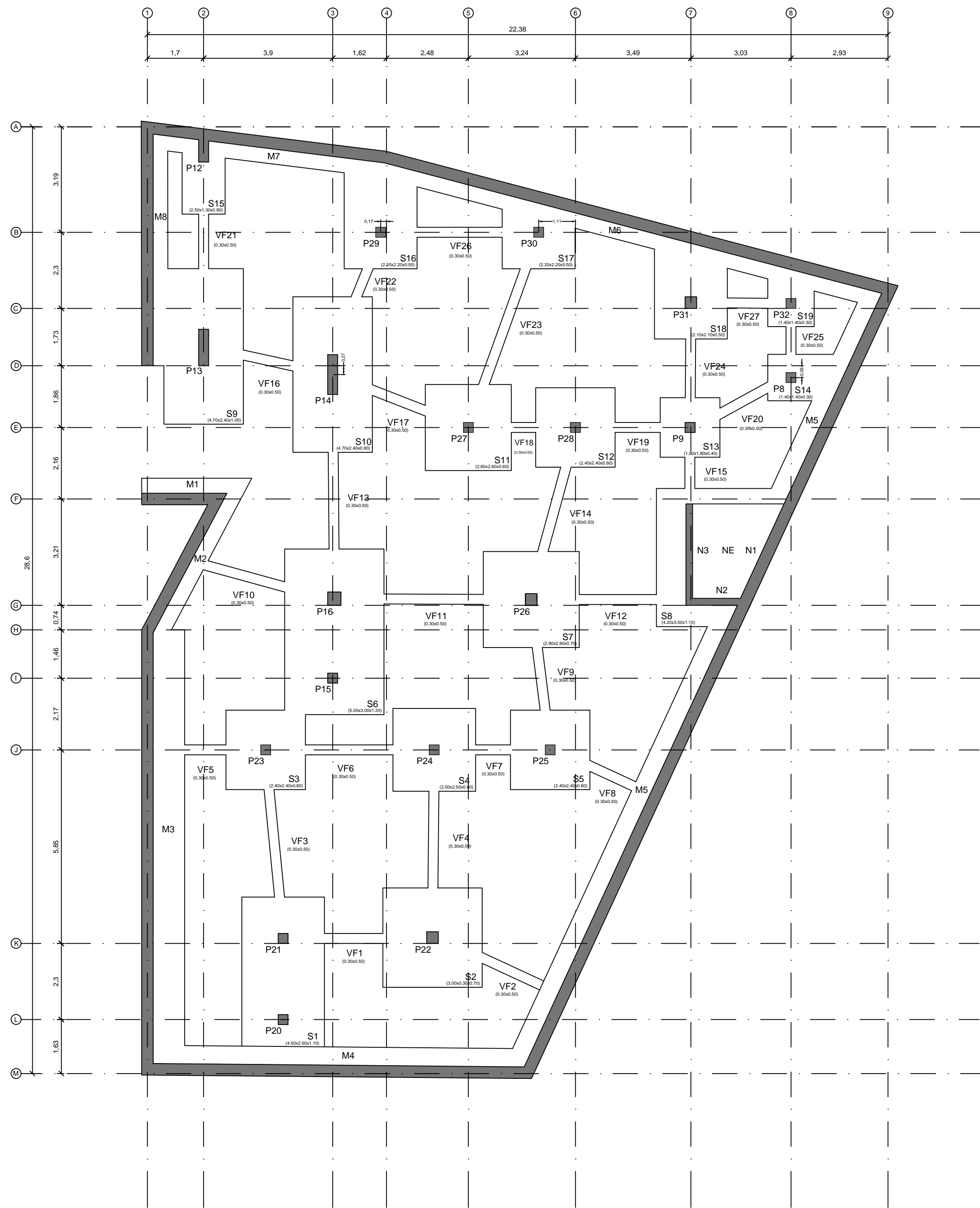
C7



C8

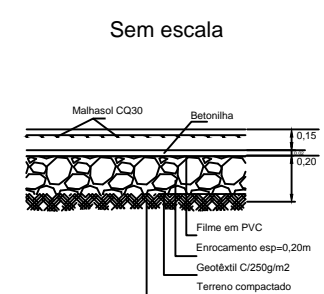
|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  <b>ISEL</b><br>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                                |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO     |
|   | Arquitectura<br>Cortes C5, C6, C7 e C8                           | ESCALA 1/125                   |
|   |  | DESENHO N.º<br>6<br>Formato A1 |
| Dezembro de 2014  |  |                                |





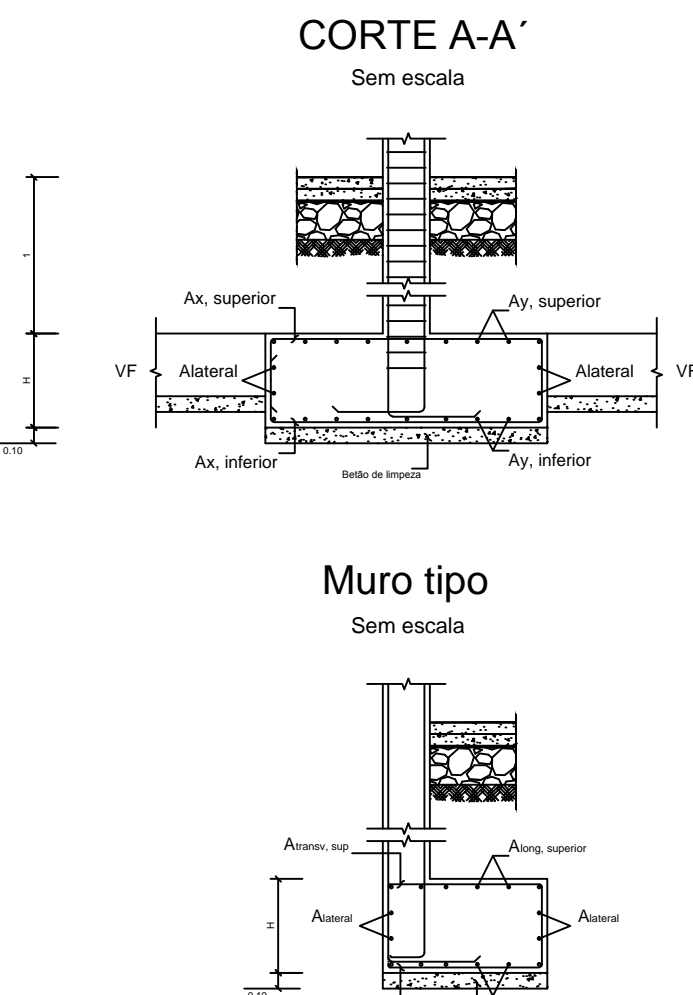
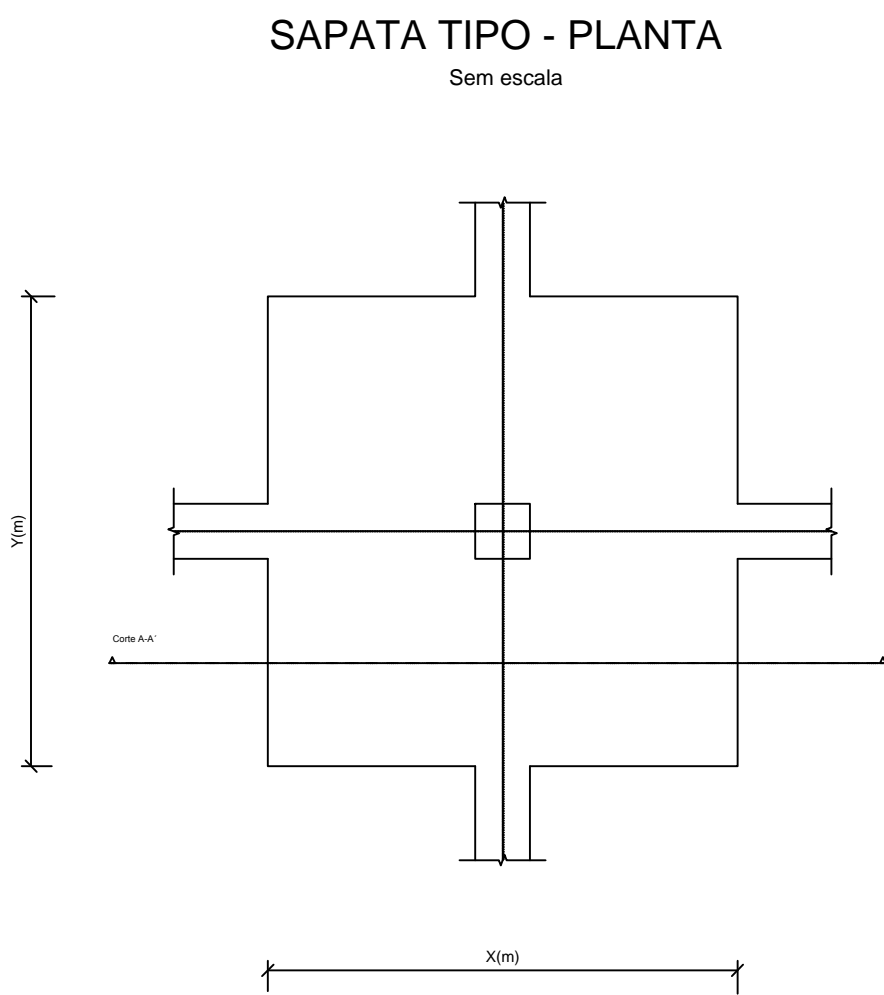
Planta fundações

PORMENOR TIPO DO PAVIMENTO TÉRREO



| Quadro de sapatas |          |      |        |              |              |              |              |          |
|-------------------|----------|------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Sapata            | Direcção |      | Altura | Armadura     |              |              |              |          |
|                   | X(m)     | Y(m) |        | Ax, inferior | Ax, superior | Ay, inferior | Ay, superior | Alateral |
| S1                | 2,50     | 4,50 | 1,10   | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø16//0.10    | Ø16//0.10    | 4Ø10     |
| S2                | 3,00     | 3,00 | 0,70   | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | 3Ø10     |
| S3                | 2,40     | 2,40 | 0,60   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S4                | 2,50     | 2,50 | 0,60   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | 3Ø10     |
| S5                | 2,40     | 2,40 | 0,60   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S6                | 3,00     | 5,00 | 1,20   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø16//0.10    | Ø16//0.10    | 4Ø10     |
| S7                | 2,90     | 2,90 | 0,70   | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | 3Ø10     |
| S8                | 3,50     | 4,85 | 1,15   | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø16//0.15    | Ø16//0.15    | 4Ø10     |
| S9                | 2,40     | 4,70 | 1,00   | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø16//0.125   | Ø16//0.125   | 3Ø10     |
| S10               | 2,40     | 4,70 | 0,90   | Ø10//0.125   | Ø10//0.125   | Ø16//0.10    | Ø16//0.10    | 3Ø10     |
| S11               | 2,60     | 2,60 | 0,60   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | Ø12//0.125   | 3Ø10     |
| S12               | 2,40     | 2,40 | 0,60   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S13               | 1,80     | 1,80 | 0,50   | Ø10//0.125   | Ø10//0.125   | Ø10//0.125   | Ø10//0.125   | 3Ø10     |
| S14               | 1,40     | 1,40 | 0,50   | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | 3Ø10     |
| S15               | 1,30     | 2,50 | 0,80   | Ø10//0.125   | Ø10//0.125   | Ø20//0.125   | Ø20//0.125   | 3Ø10     |
| S16               | 2,20     | 2,20 | 0,50   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S17               | 2,20     | 2,20 | 0,50   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S18               | 2,10     | 2,10 | 0,50   | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | Ø10//0.10    | 3Ø10     |
| S19               | 1,40     | 1,40 | 0,50   | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | Ø10//0.15    | 3Ø10     |


| Quadro de sapatas (muros) |             |            |              |              |            |            |          |
|---------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|----------|
| Muro                      | Largura (m) | Altura (m) | Armadura     |              |            |            |          |
|                           |             |            | Atransv, inf | Atransv, sup | Along, inf | Along, sup | Alateral |
| M1                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |
| M2                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |
| M3                        | 1,30        | 0,60       | Ø12//0.10    | Ø12//0.10    | Ø12//0.10  | Ø12//0.10  | 3Ø10     |
| M4                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |
| M5                        | 0,90        | 0,50       | Ø10//0.20    | Ø10//0.20    | Ø10//0.20  | Ø10//0.20  | 3Ø10     |
| M6                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |
| M7                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |
| M8                        | 0,80        | 0,50       | Ø10//0.25    | Ø10//0.25    | Ø10//0.25  | Ø10//0.25  | 3Ø10     |

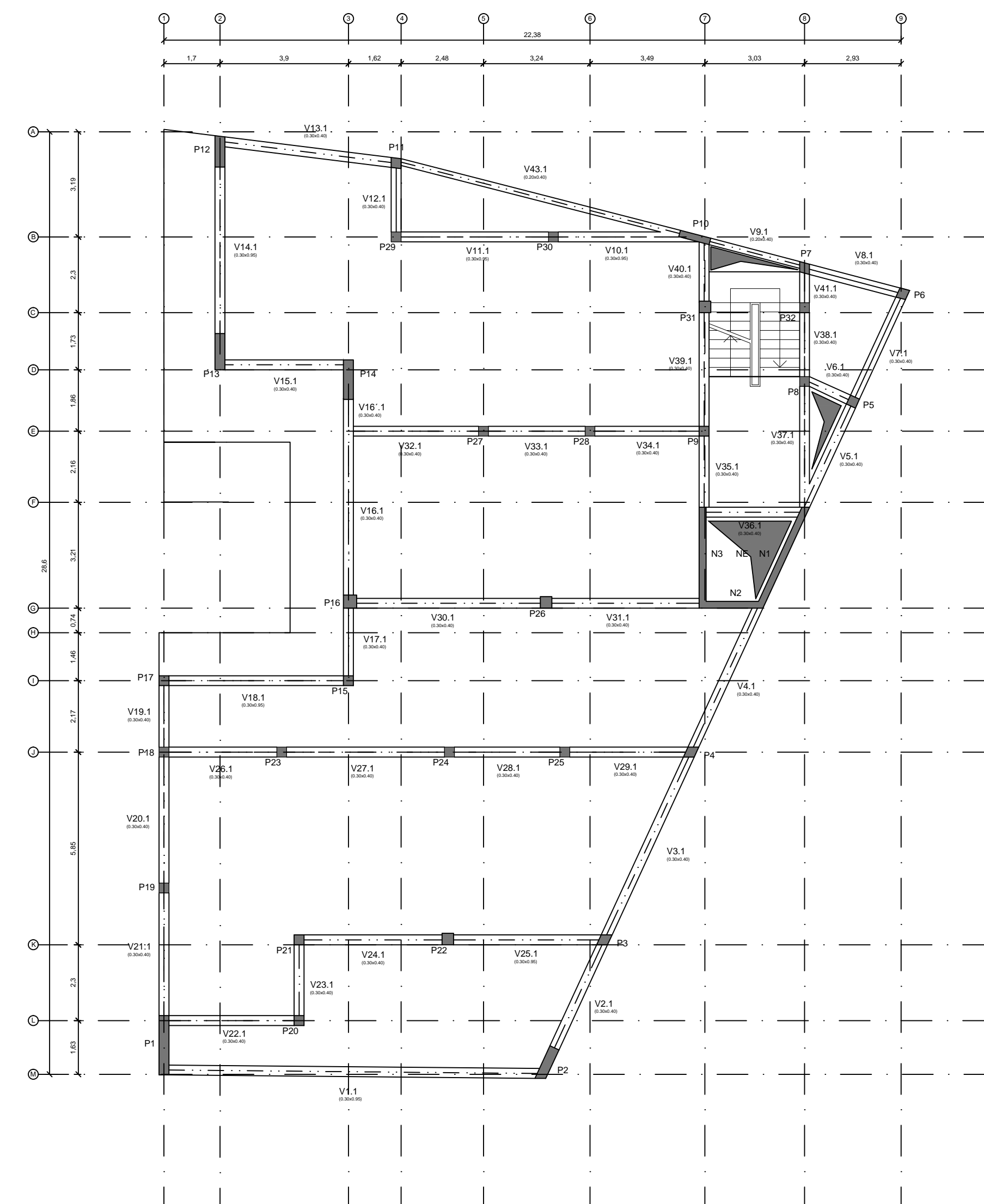
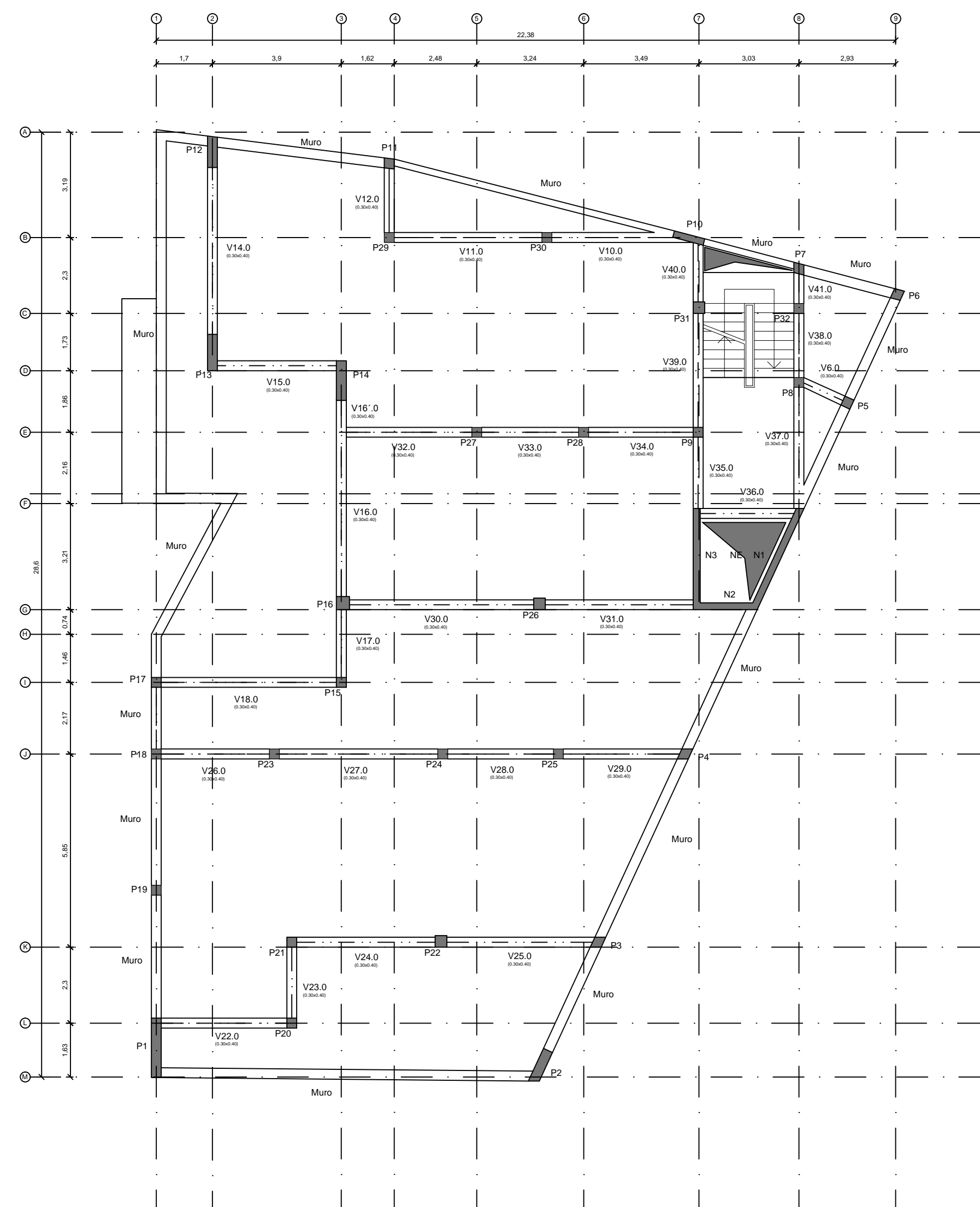



MATERIAIS

BETÃO:  
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:  
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

|   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
|  <b>ISEL</b><br>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                            |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO |
|   | Dezembro de 2014   | ESCALA 1/100               |
| Dimensionamento<br>Planta de fundações  |  | DESENHO N.º<br>7           |
|   |  | Formato A1                 |



|   |  |   |                      |
|---|--|---|----------------------|
|  <div><b>ISEL</b><br/>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</div> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |   |                      |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO                    | ESCALA 1/125         |
|   | Dezembro de 2014   | Dimensionamento<br><br>Planta dos pisos 0 e 1 | DESENHO N.º<br><br>8 |
|   |  |   | Formato A1           |



|          |                |   |   |   |  |  |   |  |  |  |   |
|----------|----------------|---|---|---|--|--|---|--|--|--|---|
| Piso 2   | Pilar<br>Troço | P1  | P2  | P3  | P4   | P5   | P6  | P7   | P8   | P9   | P10   |
|          | 3º Troço       | <div><div><div>12Ø20</div><div>Ø8 //0,15</div><div>Ah = Ø8//0,10</div><div>Av alma = 8Ø10</div><div>Estribos Ø8 //0,25</div><div>Ø8 //0,15</div></div><div>Secção 1,80x0,30</div></div> | <div><div>16Ø20</div><div></div><div>Secção 1,15x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8/0,15</div>   | <div><div>4Ø16 + 4Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div><div>8Ø12</div><div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores    Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>   |   | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div><div>8Ø12</div><div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div><div>8Ø12</div><div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div><div>Ah = Ø8//0,10</div><div>Av = 2Ø10</div><div>Ø8 //0,10</div><div>Estribos Ø8 //0,25</div><div>12Ø12</div><div>Secção 0,95x0,21</div></div> |
| Piso 1   | 2º Troço       | <div><div>12Ø20</div><div>Ø8 //0,15</div><div>Ah = Ø10//0,1</div><div>Av alma = 8Ø10</div><div>Estribos Ø8 //0,25</div><div>Ø8 //0,15</div></div> <div>Secção 1,80x0,30</div>           | <div><div>16Ø20</div><div></div><div>Secção 1,15x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica    ??????????<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>   | <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div><div>Ah = Ø8//0,10</div><div>Av = 2Ø10</div><div>Ø8 //0,10</div><div>Estribos Ø8 //0,25</div><div>12Ø12</div><div>Secção 0,95x0,21</div></div> |
| Piso 0   | 1º Troço       | MURO  | MURO  | MURO  | MURO   | MURO   | MURO  | MURO   | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,125</div>   | <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div></div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div>  | MURO  |
| Fundação |                |   |   |   |  |  |   |  |  |  |   |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

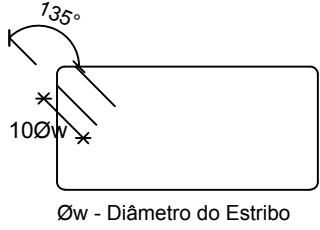
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 1/7

DESENHO N.º

10

Formato A1



|           |                |  |   |  |  |   |    |   |  |  |   |
|-----------|----------------|--|---|--|--|---|----|---|--|--|---|
| Cobertura | Pilar<br>Troço | P1   | P2  | P3   | P4   | P5  | P6 | P7  | P8   | P9   | P10   |
|           | 6° Troço       |  |   |  |  | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div>        |    | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div>        | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,30x0,2</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div>   |
|           | 5° Troço       | <div>8Ø16</div> <div>Ah = Ø8//0,15</div> <div></div> <div>Secção 1,80x0,30</div> <div>Ø8 //0,125</div> <div>Av alma = 8Ø10</div> <div>Estribos Ø8 //0,25</div> <div>Ø8 //0,125</div>   | <div>16Ø20</div> <div></div> <div>Secção 1,15x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,15</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div>        |    | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>Ah = Ø8//0,15</div> <div>10Ø12</div> <div>Av = 2Ø10</div> <div></div> <div>Secção 0,95x0,21</div> <div>Ø8 //0,10</div> <div>Estribos Ø8 //0,25</div> <div>10Ø12</div>  |
|           | 4° Troço       | <div>12Ø16</div> <div>Ah = Ø8//0,125</div> <div></div> <div>Secção 1,80x0,30</div> <div>Ø8 //0,125</div> <div>Av alma = 8Ø10</div> <div>Estribos Ø8 //0,25</div> <div>Ø8 //0,125</div> | <div>16Ø20</div> <div></div> <div>Secção 1,15x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores    Ø8//0,15</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> |    | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores    Ø8//0,10</div> | <div>Ah = Ø8//0,125</div> <div>10Ø12</div> <div>Av = 2Ø10</div> <div></div> <div>Secção 0,95x0,21</div> <div>Ø8 //0,10</div> <div>Estribos Ø8 //0,25</div> <div>10Ø12</div> |
|           |                |  |   |  |  |   |    |   |  |  |   |

Piso 2

Piso 3

Piso 4

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

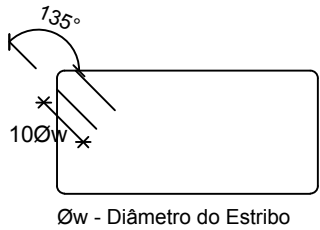
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo



ISEL

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

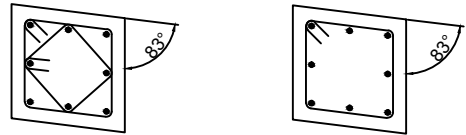
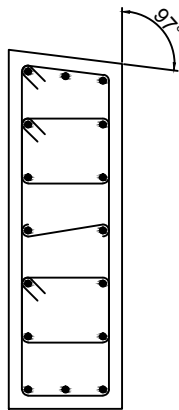
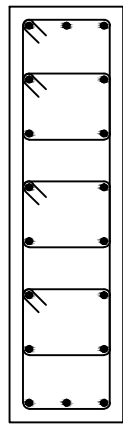
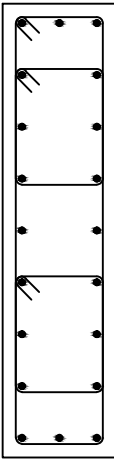
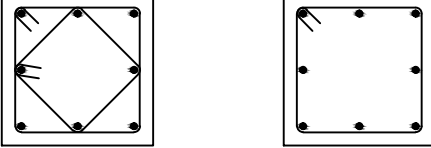
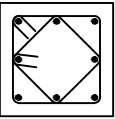
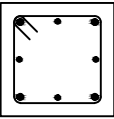
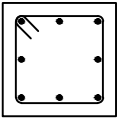

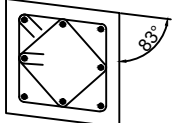
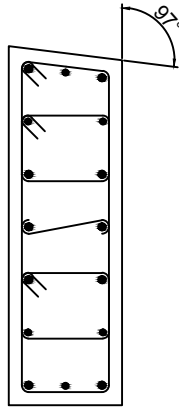
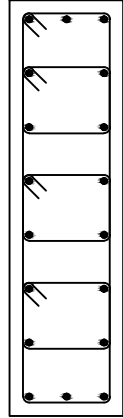
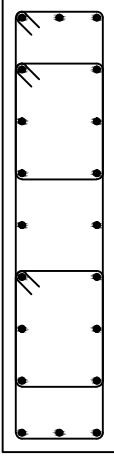
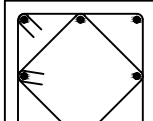
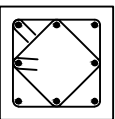
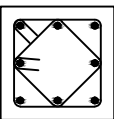
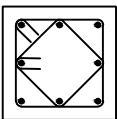
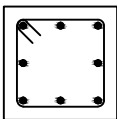
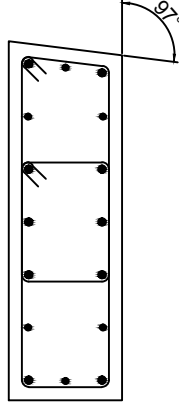
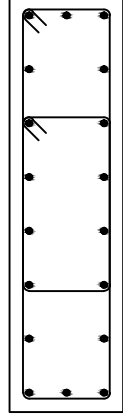
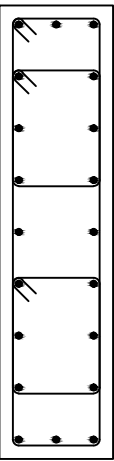
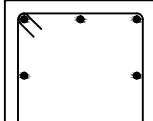
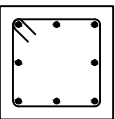
ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 2/7

DESENHO N.º

11

Formato A1

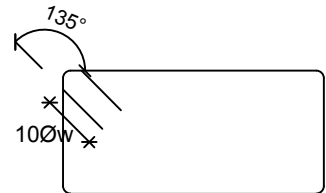
|          | Pilar<br>Troço | P11  | P12   | P13   | P14  | P15  | P16  | P17   | P18   | P19   |
|----------|----------------|--|---|---|--|--|--|---|---|---|
| Piso 2   | 3º<br>Troço    | 8Ø12<br><br>Zona crítica      Zona geral<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 16Ø16<br><br>Secção 0,95x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)                  | 18Ø16<br><br>Secção 1,1x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)           | 20Ø16<br><br>Secção 1,2x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,125   | 8Ø16<br><br>Zona crítica      Zona geral<br><br>Secção 0,4x0,4<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores      Ø8/0,125<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 0,45m (Parcial) | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)              | 4Ø16 + 4Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)        | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores      Ø8/0,10   | 8Ø12<br><br>Zona crítica      Zona geral<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores      Ø8/0,10<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 0,45m (Parcial) |
| Piso 1   |                | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)                        | 10Ø20 + 6Ø16<br><br>Secção 0,95x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica      P12<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 18Ø16<br><br>Secção 1,1x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica      P13<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 20Ø16<br><br>Secção 1,2x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 8Ø16<br><br>Secção 0,4x0,4<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,125<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)  | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,10<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 8Ø16<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total) | 8Ø16<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Zona crítica<br>Cintas exteriores      Ø8/0,075<br>Comprimento da zona crítica (lcr):<br>lcr= 3,1m (Total)  |
| Piso 0   | 1º<br>Troço    | MURO   | 10Ø20 + 6Ø16<br><br>Secção 0,95x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,125  | 18Ø16<br><br>Secção 1,1x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,125  | 20Ø16<br><br>Secção 1,2x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores      Ø8/0,125   | 8Ø16<br><br>Secção 0,4x0,4<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores      Ø8/0,125   | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores      Ø8/0,10  | MURO  | MURO  | MURO  |
| Fundação |                |  |   |   |  |  |  |   |   |   |

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



ISEL

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

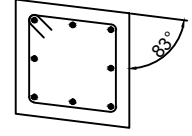
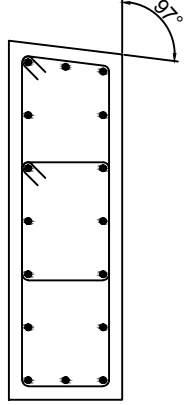
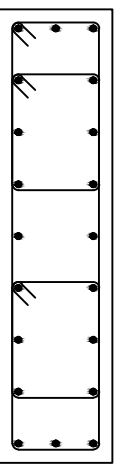
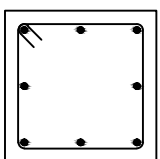
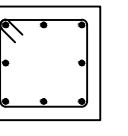
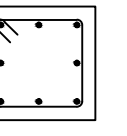
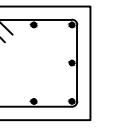
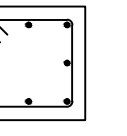
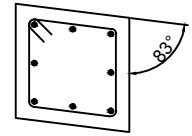
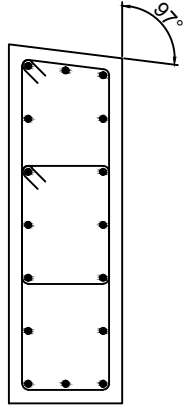
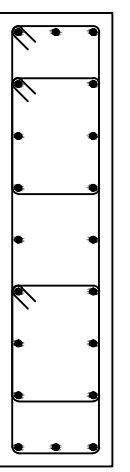
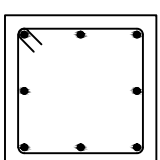
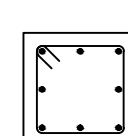
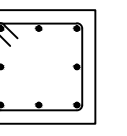
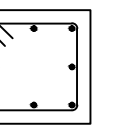
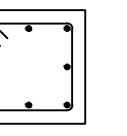
ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 3/7

DESENHO N.º

12

Formato A1

|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|-----------|----------------|--|--|---|---|---|--|--|--|--|
| Cobertura | Pilar<br>Troço | P11  | P12  | P13   | P14   | P15   | P16  | P17  | P18  | P19  |
|           | 6º Troço       |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
| Piso 4    |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
| Piso 4    | 5º Troço       | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10   | 16Ø16<br><br>Secção 0,95x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125   | 18Ø16<br><br>Secção 1,1x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125   | 20Ø16<br><br>Secção 1,2x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125   | 8Ø16<br><br>Secção 0,4x0,4<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,125   | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10   | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10   | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10   | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10   |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
| Piso 3    |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
| Piso 3    | 4º Troço       | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10 | 16Ø16<br><br>Secção 0,95x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125 | 18Ø16<br><br>Secção 1,1x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125 | 20Ø16<br><br>Secção 1,2x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,125 | 8Ø16<br><br>Secção 0,4x0,4<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,125 | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10 | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10 | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10 | 8Ø12<br><br>Secção 0,3x0,3<br><br>Cintas:<br>Geral<br>Cintas exteriores Ø8/0,10 |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
|           |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |
| Piso 2    |                |  |  |   |   |   |  |  |  |  |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

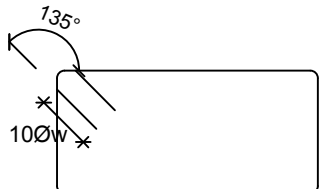
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

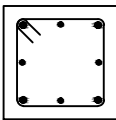
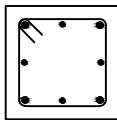
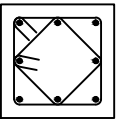
ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 4/7

DESENHO N.º

13

Formato A1

|          |                |  |  |   |   |   |   |  |   |   |
|----------|----------------|--|--|---|---|---|---|--|---|---|
| Piso 2   | Pilar<br>Troço | P20  | P21  | P22   | P23   | P24   | P25   | P26  | P27   | P28   |
|          | 3º Troço       | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>      | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>      | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>8Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>8Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>8Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>8Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> | <div>8Ø12</div> <div><div></div><div></div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div> |
| Piso 1   | 2º Troço       | <div>8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div>8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div> | <div>8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>   | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>   | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>   | <div>8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div>  |
| Piso 0   | 1º Troço       | <div>8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,125</div>   | <div>4Ø20 + 8Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,125</div>  | <div>8Ø20</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,15</div>   | <div>8Ø20</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,15</div>   | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>  | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>  | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   | <div>16Ø16</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,125</div>   | <div>8Ø20</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,15</div>   |
| Fundação |                |  |  |   |   |   |   |  |   |   |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

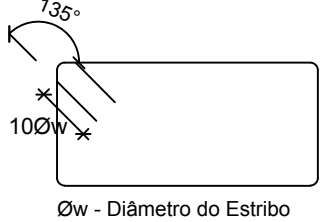
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 5/7

DESENHO N.º

14

Formato A1

|           |   |  |  |   |  |  |  |   |  |  |
|-----------|---|--|--|---|--|--|--|---|--|--|
| Cobertura | <div><div>Pilar</div><div>Troço</div></div> | P20  | P21  | P22   | P23  | P24  | P25  | P26   | P27  | P28  |
|           | 6º Troço                                    |  |  |   |  |  |  |   |  |  |
| Piso 4    | 5º Troço                                    | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,35x0,35</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div>   |
| Piso 3    | 4º Troço                                    | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>8Ø12</div> <div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>8Ø12</div> <div></div> <div>Secção 0,3x0,3</div> <div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div> | <div>4Ø16 + 4Ø12</div> <div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>8Ø12</div> <div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>8Ø12</div> <div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> |
| Piso 2    |   |  |  |   |  |  |  |   |  |  |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

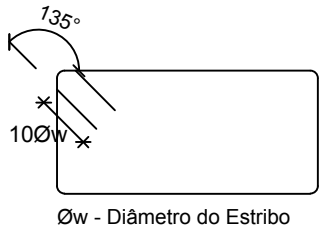
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo



ISEL

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

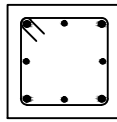
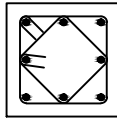
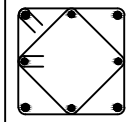
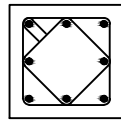
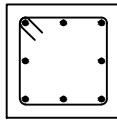
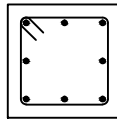
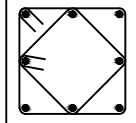
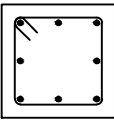
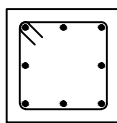
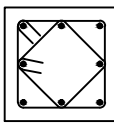
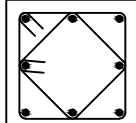
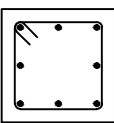
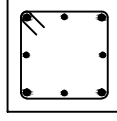
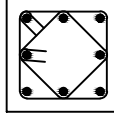
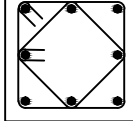
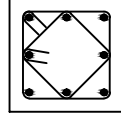
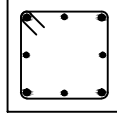
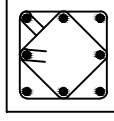
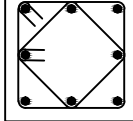
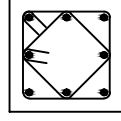
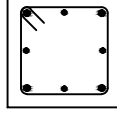
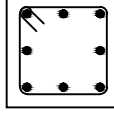
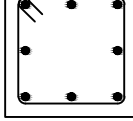
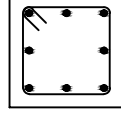
ESCALA 1/20

Betão armado  
Quadro de pilares 6/7

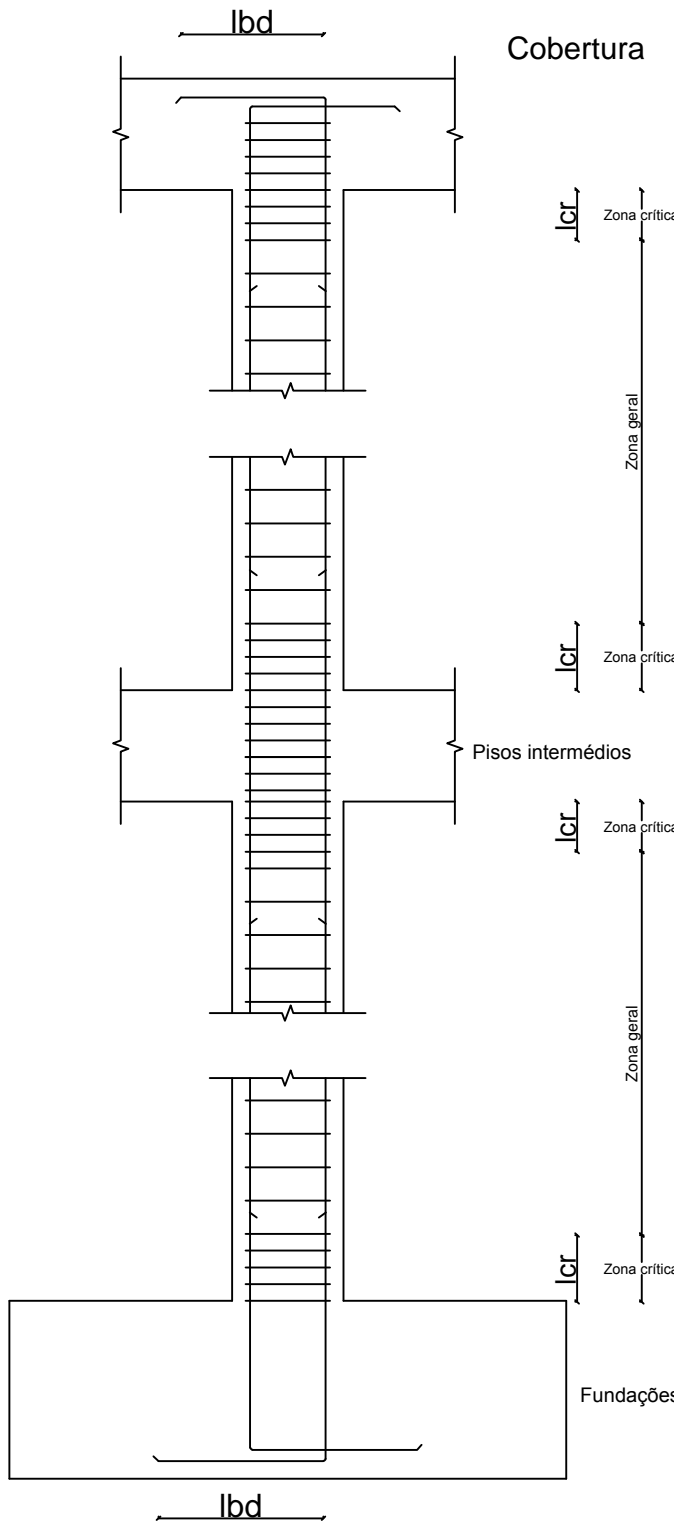
DESENHO N.º

15

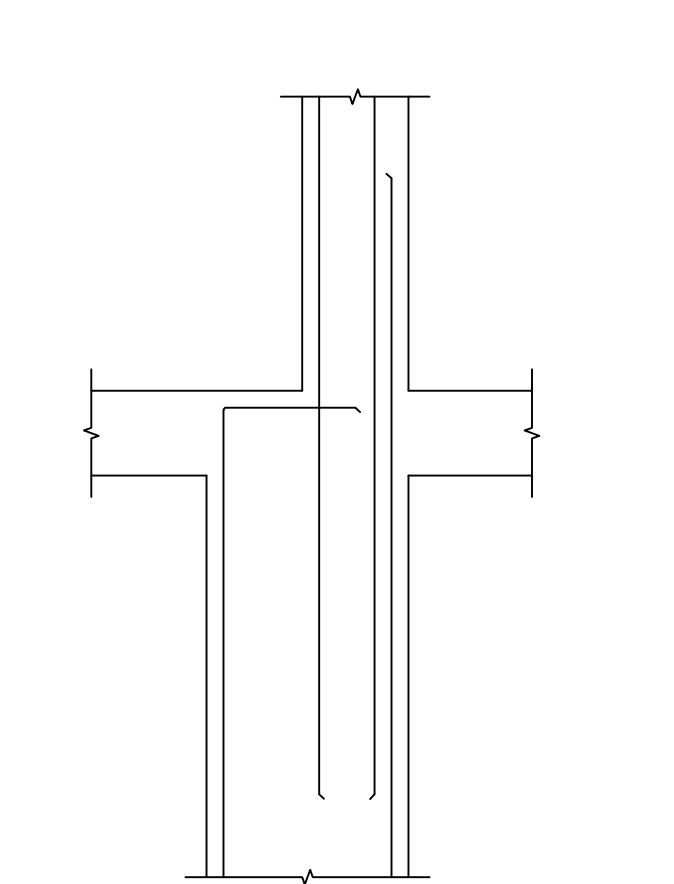
Formato A1

|        |   |   |   |  |   |   |   |  |   |        |   |  |  |  |        |   |  |   |  |        |  |   |  |   |          |  |   |  |   |
|--------|---|---|---|--|---|---|---|--|---|--------|---|--|--|--|--------|---|--|---|--|--------|--|---|--|---|----------|--|---|--|---|
| Piso 2 | <div><div>Pilar<br/>Troço</div><div></div></div>  | P29   | P30   | P31  | P32   | Cobertura   | <div><div>Pilar<br/>Troço</div><div></div></div>  | P29  | P30   | P31    | P32   |  |  |  |        |   |  |   |  |        |  |   |  |   |          |  |   |  |   |
|        | <div>3º<br/>Troço</div> <div><div>4Ø16 + 4Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)<br/>p m P M</div></div> | <div><div>8Ø16</div><div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,125<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div></div> | <div><div>4Ø20 + 4Ø16</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores Ø10/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø10/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>6º<br/>Troço</div> <div><div></div><div></div></div> | <div>5º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | <div>5º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | <div>5º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10</div></div> | <div>5º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | Piso 4 | <div>4º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | <div>4º<br/>Troço</div> <div><div><div>Zona crítica</div><div>Zona geral</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div></div> | <div>4º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 0,45m (Parcial)</div></div> | <div>4º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075</div></div> | Piso 3 | <div>3º<br/>Troço</div> <div><div>4Ø16 + 4Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div></div> | <div>3º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div></div> | <div>3º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,075<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div></div> | <div>3º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Zona crítica<br/>Cintas exteriores e interiores Ø8/0,10<br/>Comprimento da zona crítica (lcr):<br/>lcr= 3,1m (Total)</div></div> | Piso 2 | <div>2º<br/>Troço</div> <div><div>4Ø16 + 4Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | <div>2º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,15</div></div> | <div>2º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075</div></div> | <div>2º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | Fundação | <div>1º<br/>Troço</div> <div><div>4Ø16 + 4Ø12</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> | <div>1º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,15</div></div> | <div>1º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø20</div><div></div><div>Secção 0,35x0,35</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,075</div></div> | <div>1º<br/>Troço</div> <div><div>8Ø16</div><div></div><div>Secção 0,3x0,3</div><div>Cintas:<br/>Geral<br/>Cintas exteriores Ø8/0,10</div></div> |

Disposição geral das armaduras nos pilares S/ esc



Variação de secção S/ esc



MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

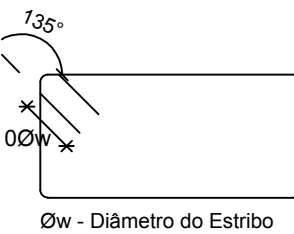
AÇO:


Armaduras ordinárias: A500 NR SD

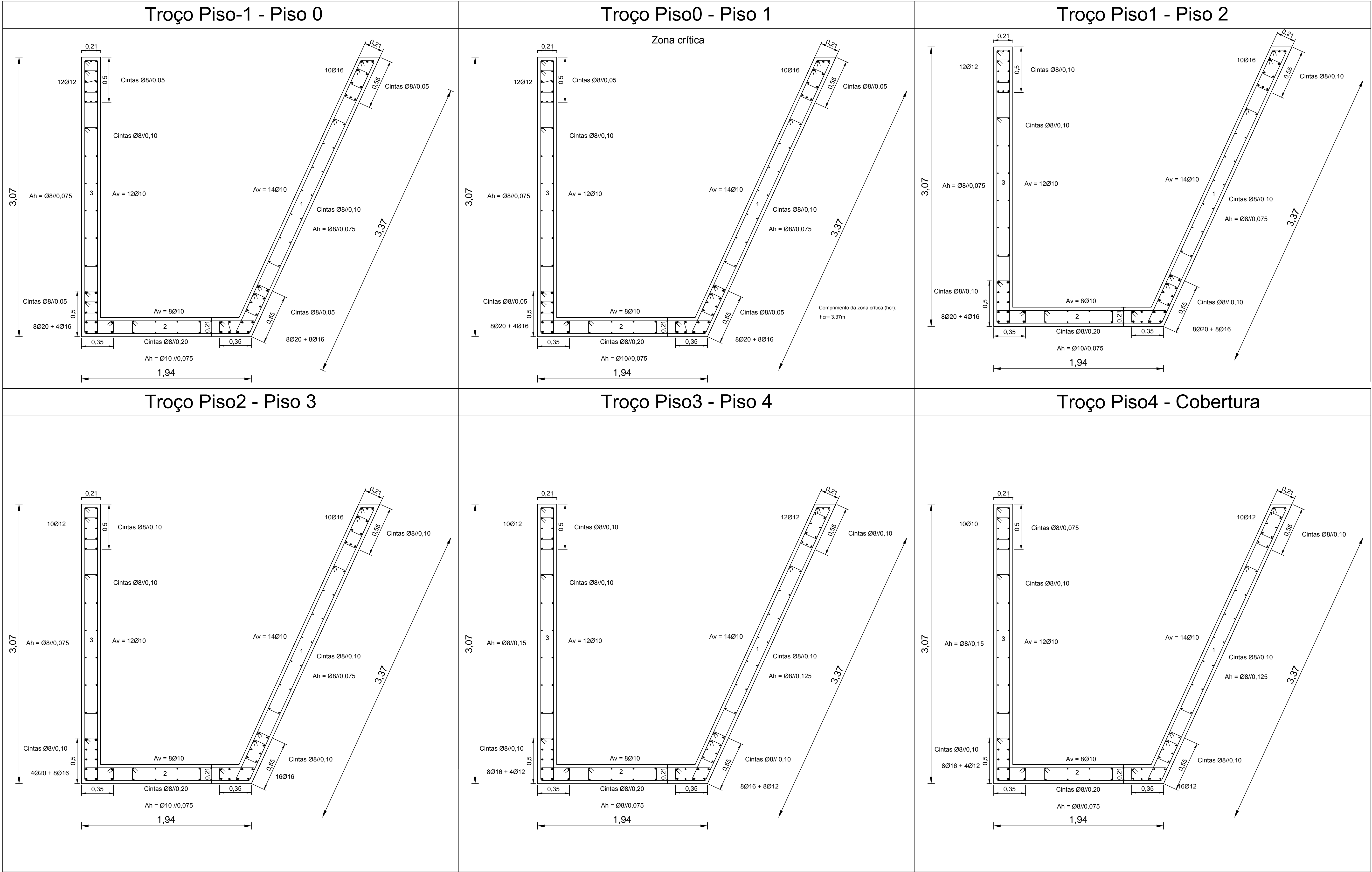
Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Detalhe de amarração dos estribos S/ Esc:

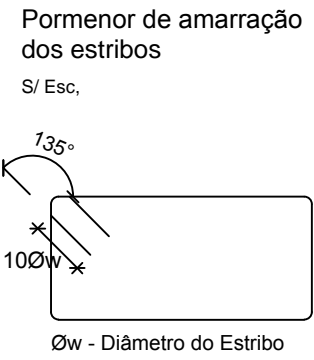


|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
| <div><div><b>ISEL</b><br/>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</div></div> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                                 |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO      |
| Dezembro de 2014  | Betão armado<br>Quadro de pilares 7/7                            | ESCALA 1/20                     |
|   |  | DESENHO N.º<br>16<br>Formato A1 |



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0.30 | 0.65 |
| Ø10   | 0.40 | 0.80 |
| Ø12   | 0.45 | 0.95 |
| Ø16   | 0.60 | 1.25 |
| Ø20   | 0.75 | 1.60 |
| Ø25   | 0.95 | 1.95 |




**BETÃO:**

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

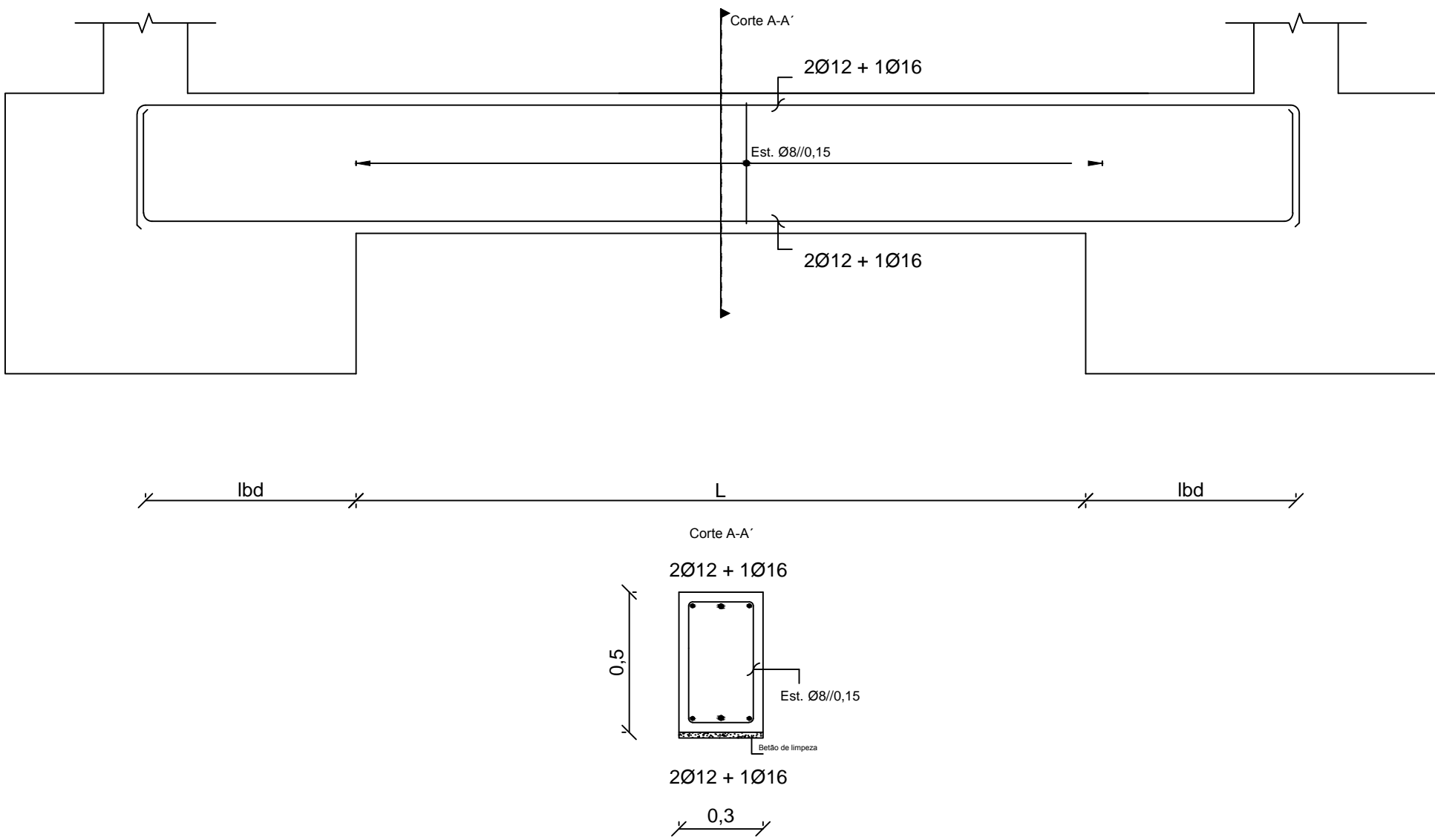
**AÇO:**

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

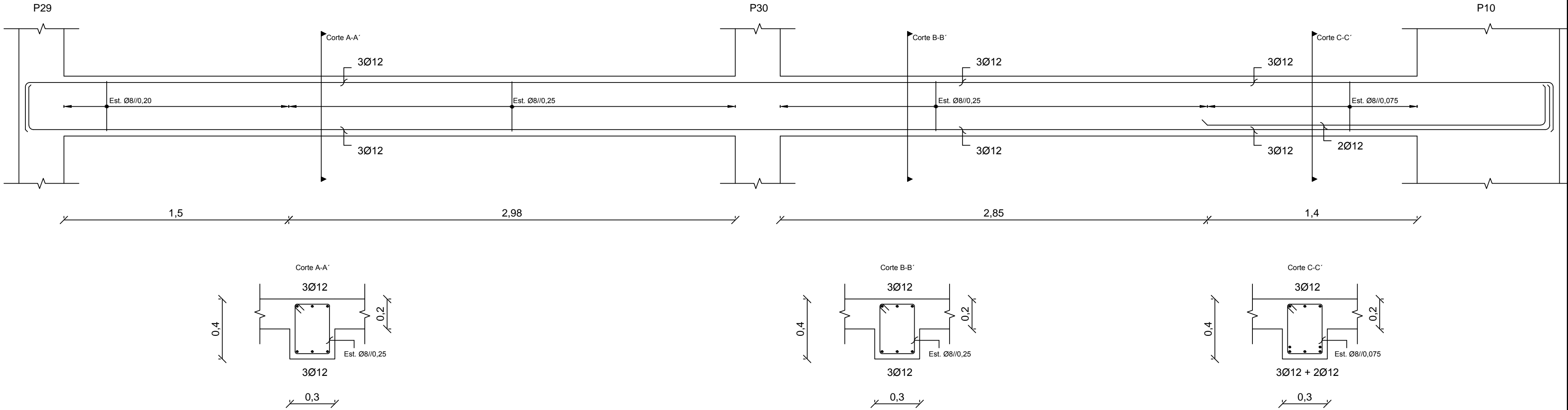
|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
| <div><b>ISEL</b><br/>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</div> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                            |
|  | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO |
|  | Dezembro de 2014   | ESCALA 1/20                |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Betão armado<br>Núcleo de elevador |  |
| DESENHO N.º<br>17                  |  |
| Formato A1                         |  |

Vtipo.fundação

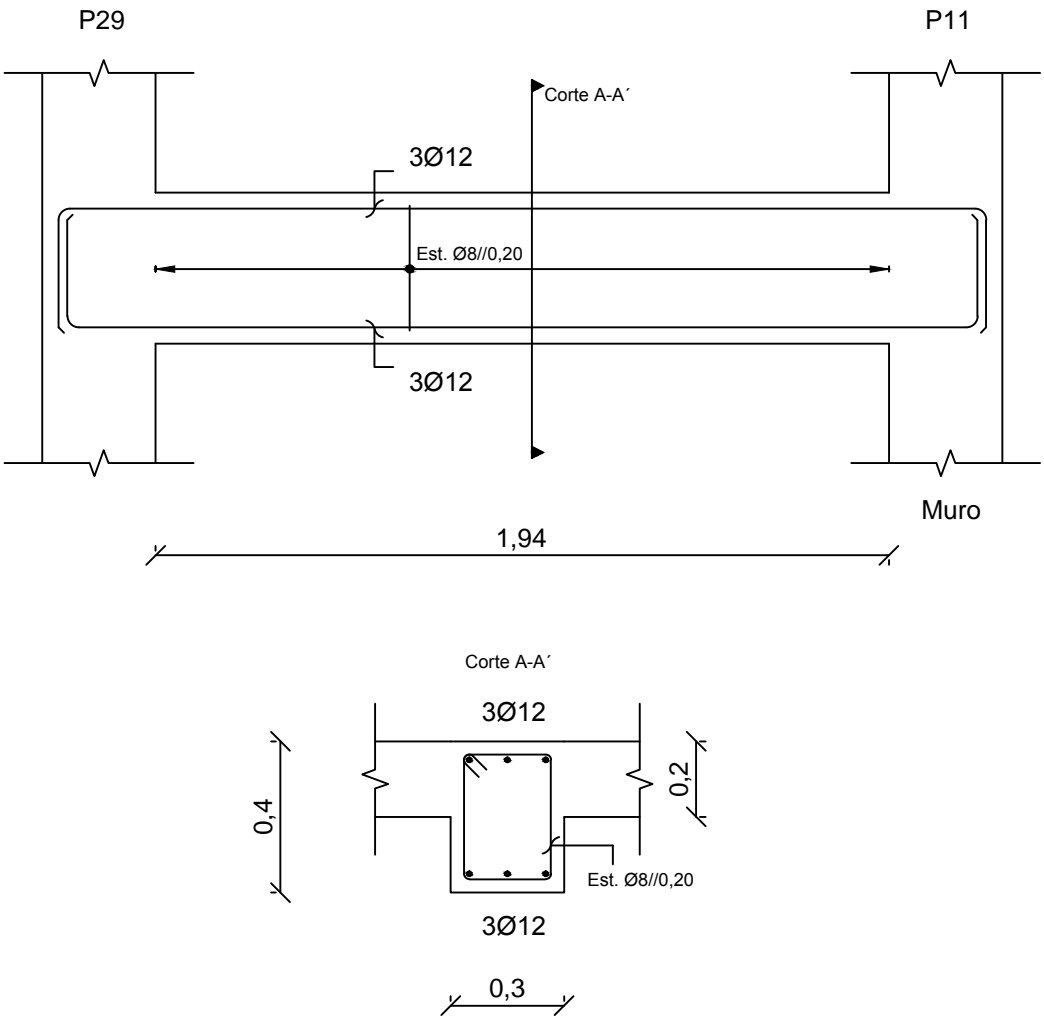


V11.0

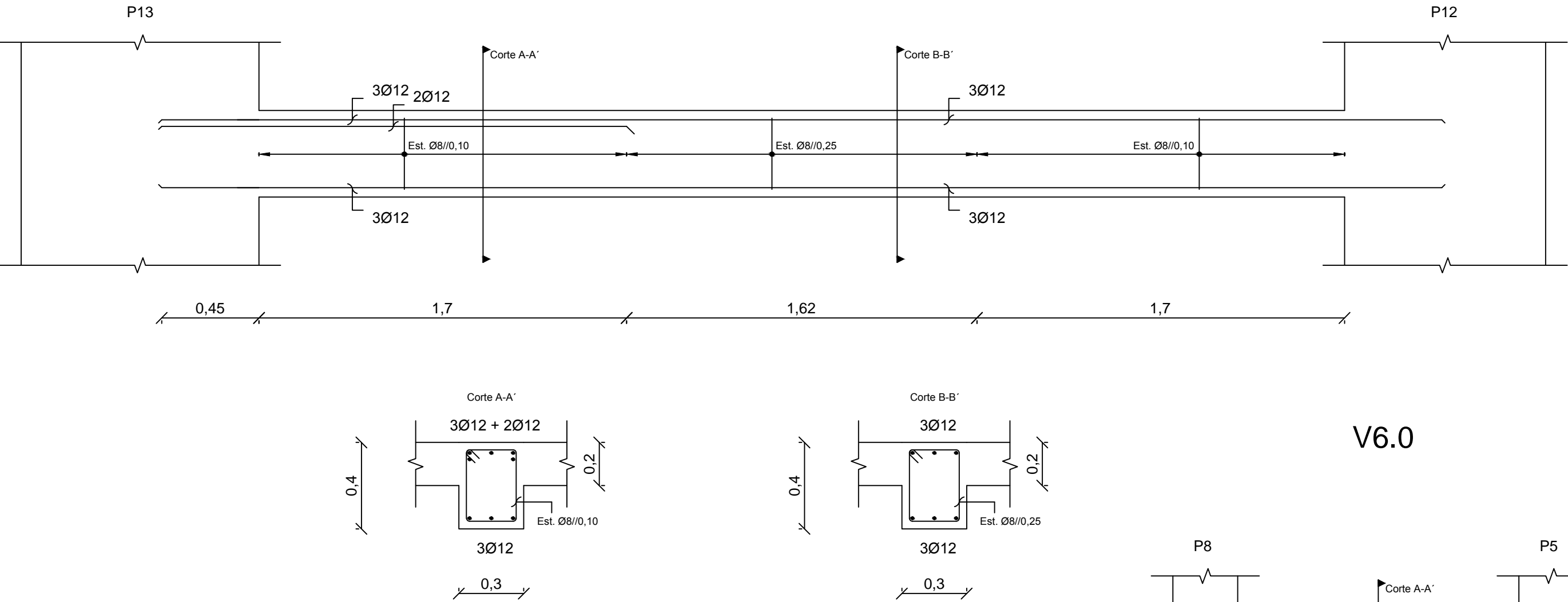


V10.0

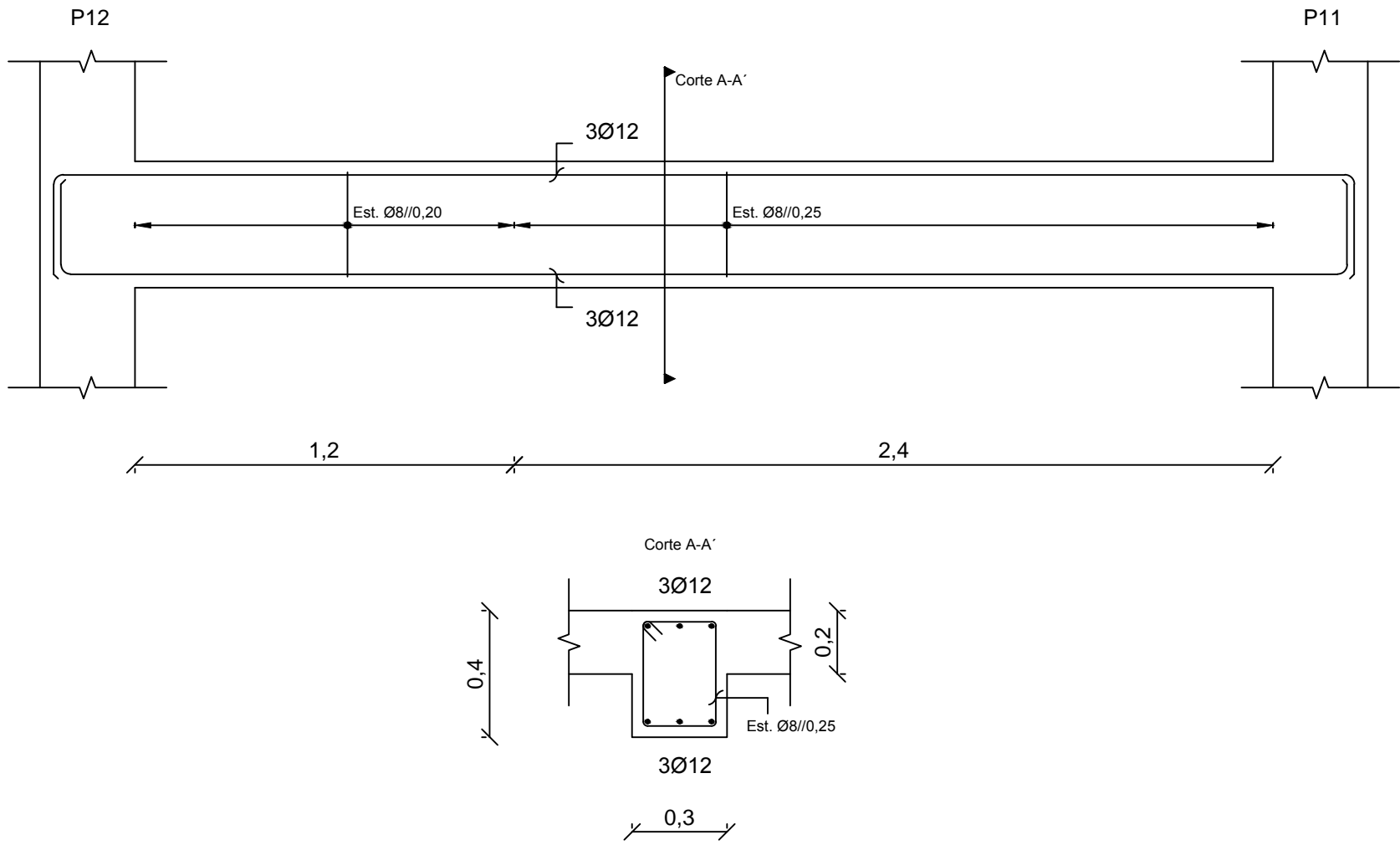
V12.0



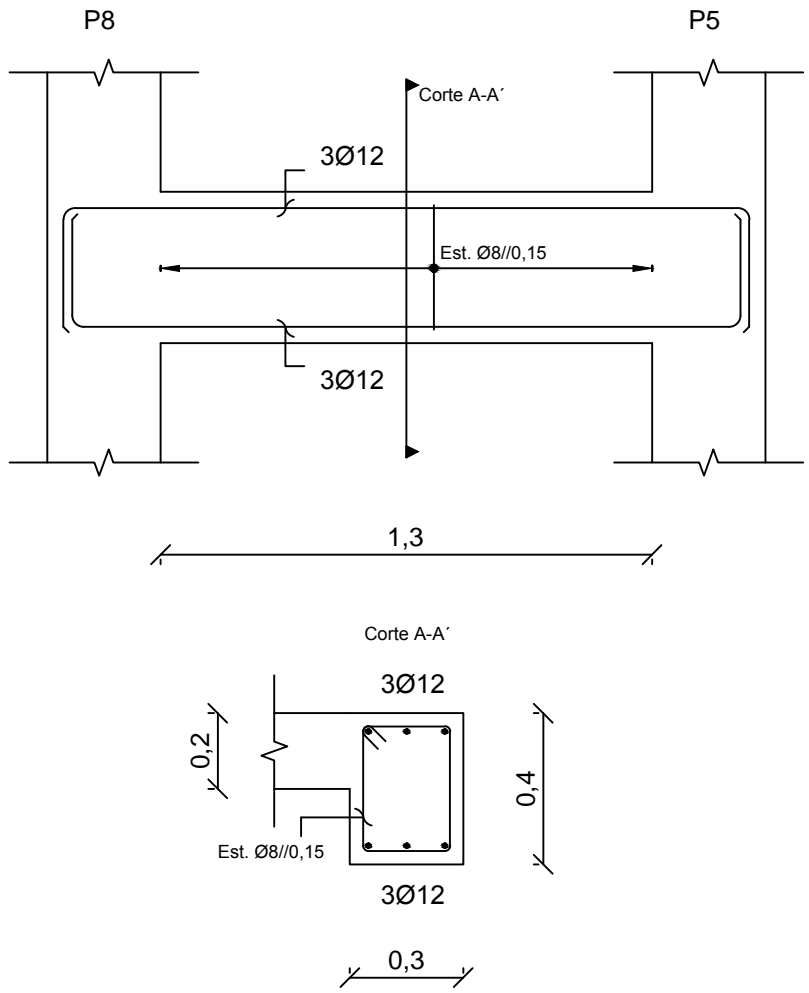
V14.0



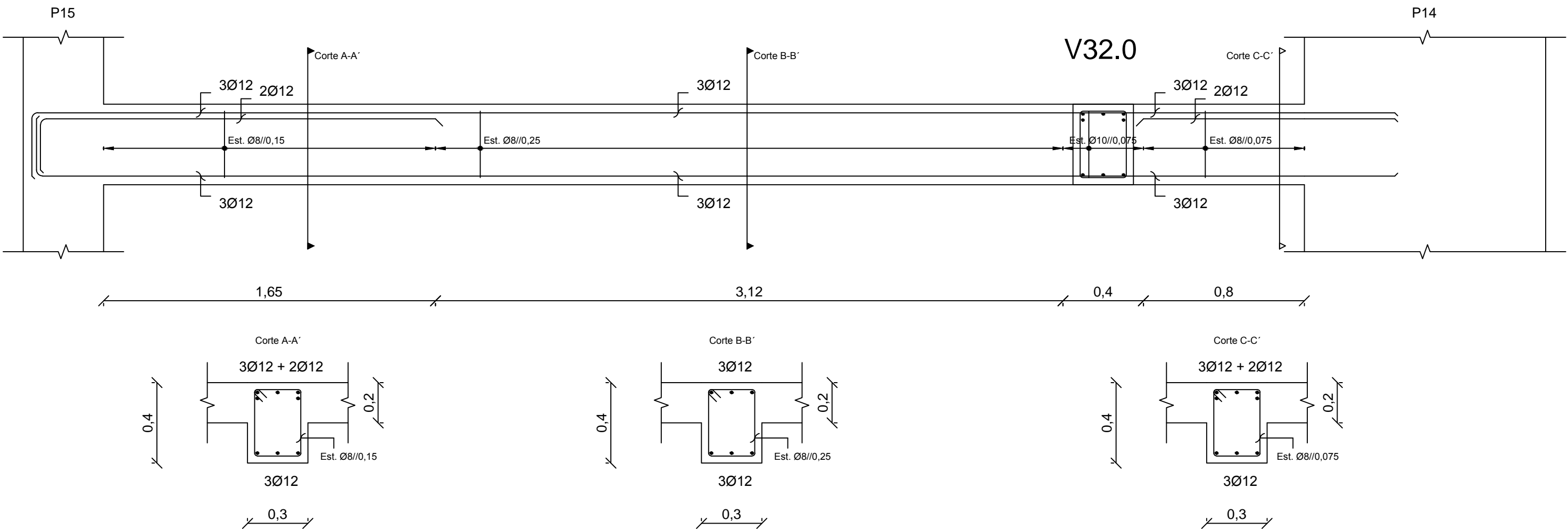
V15.0



V6.0

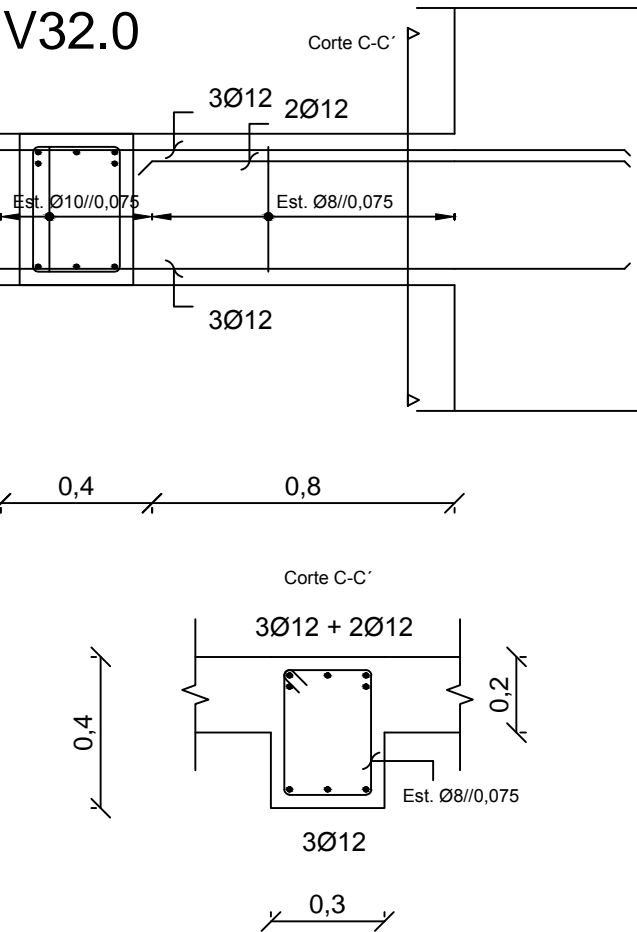


V16.0



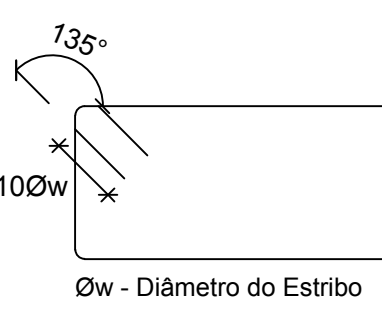
V16'.0

V32.0



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | Ø8   | Ø10  | Ø12  | Ø16  | Ø20  | Ø25  |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| lbd   | 0,30 | 0,40 | 0,45 | 0,60 | 0,75 | 0,95 |
| lo    | 0,65 | 0,80 | 0,95 | 1,25 | 1,60 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 1/29

DESENHO N.º

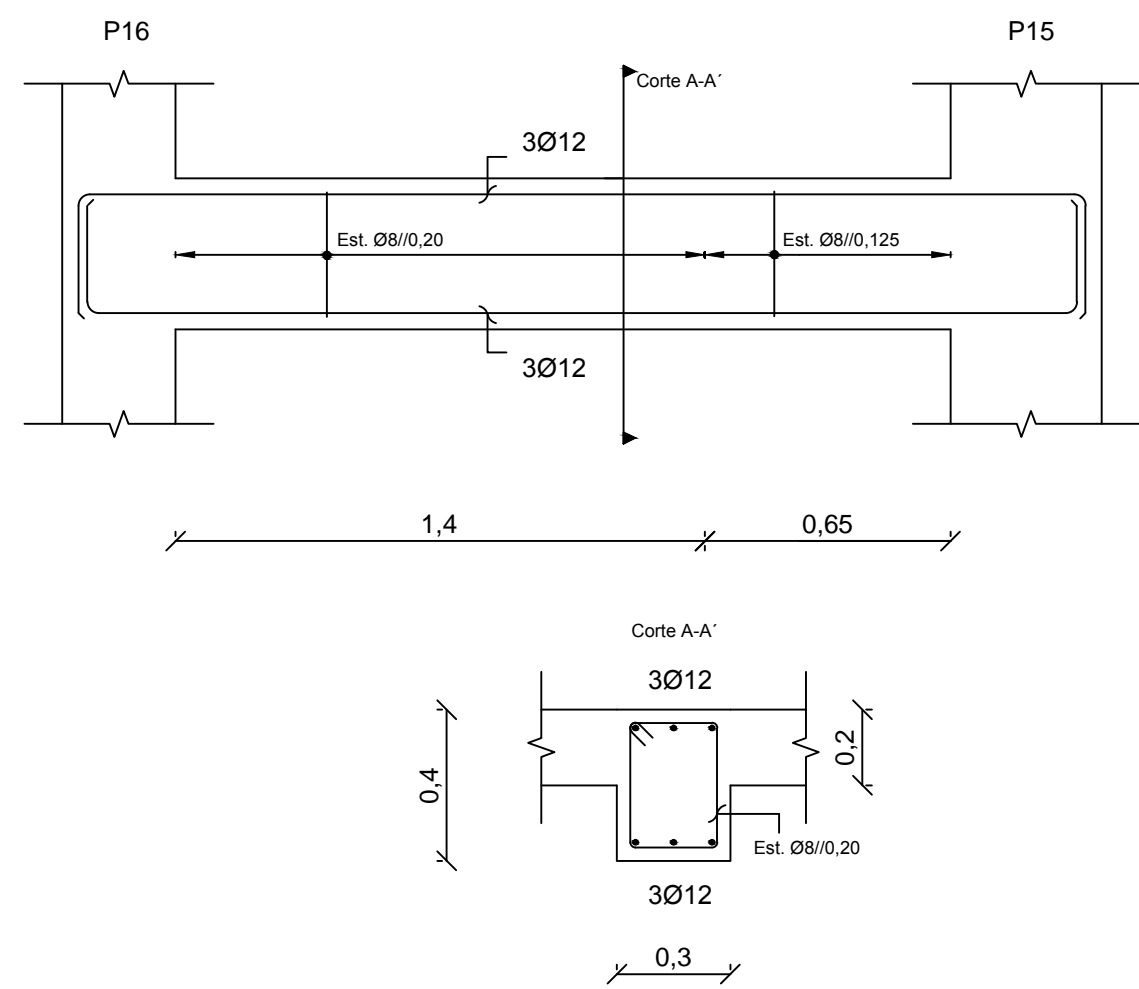
18

Formato A1

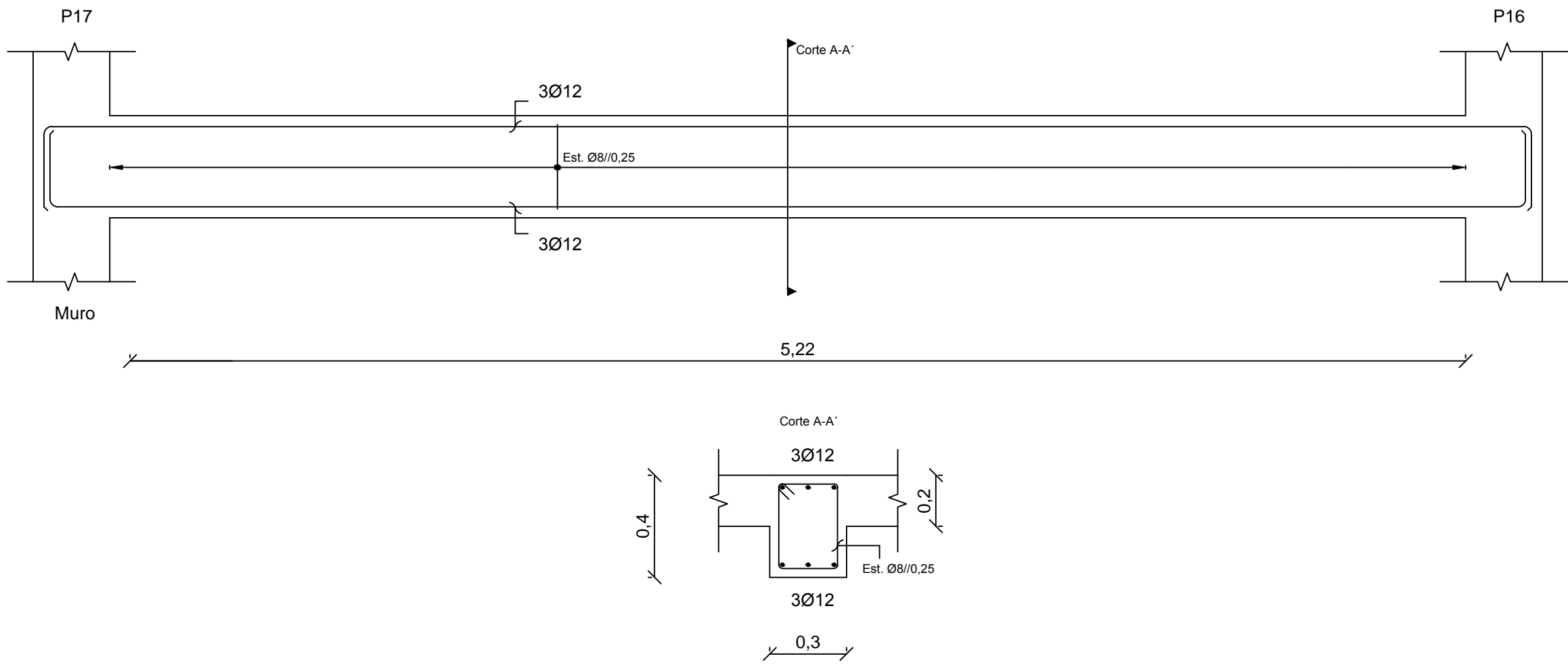
Dezembro de 2014



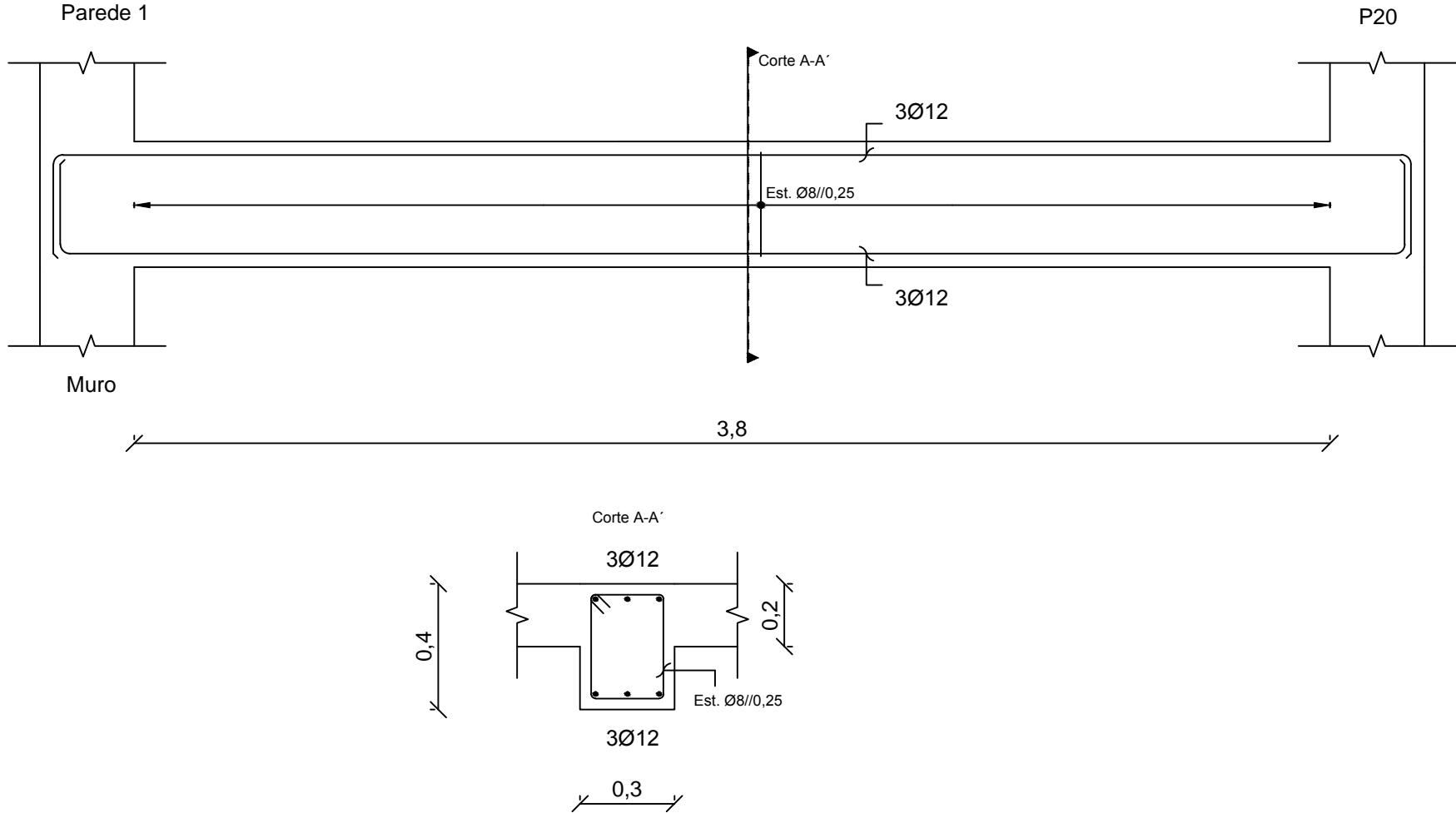
V17.0



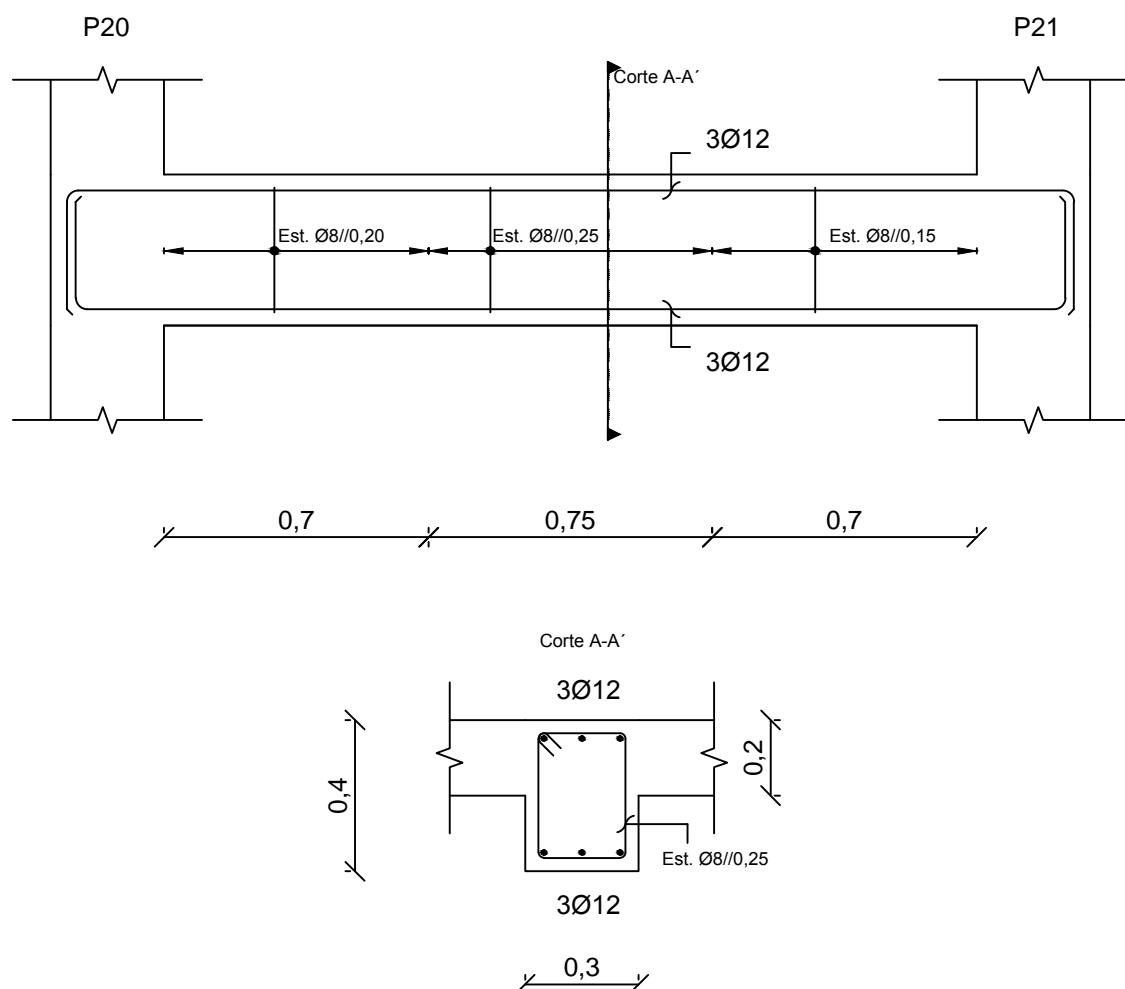
V18.0



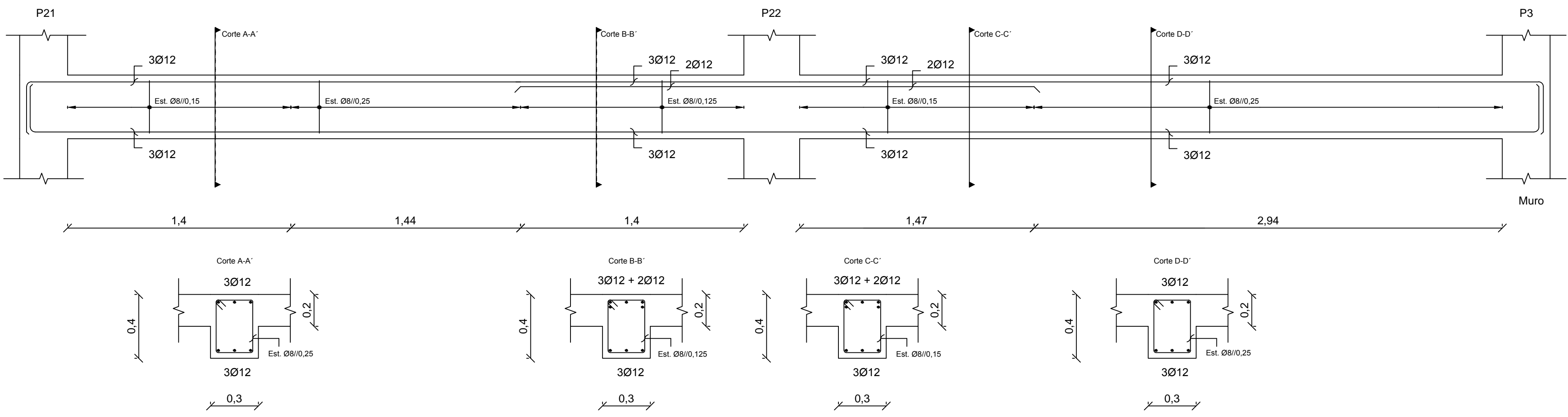
V22.0



V23.0

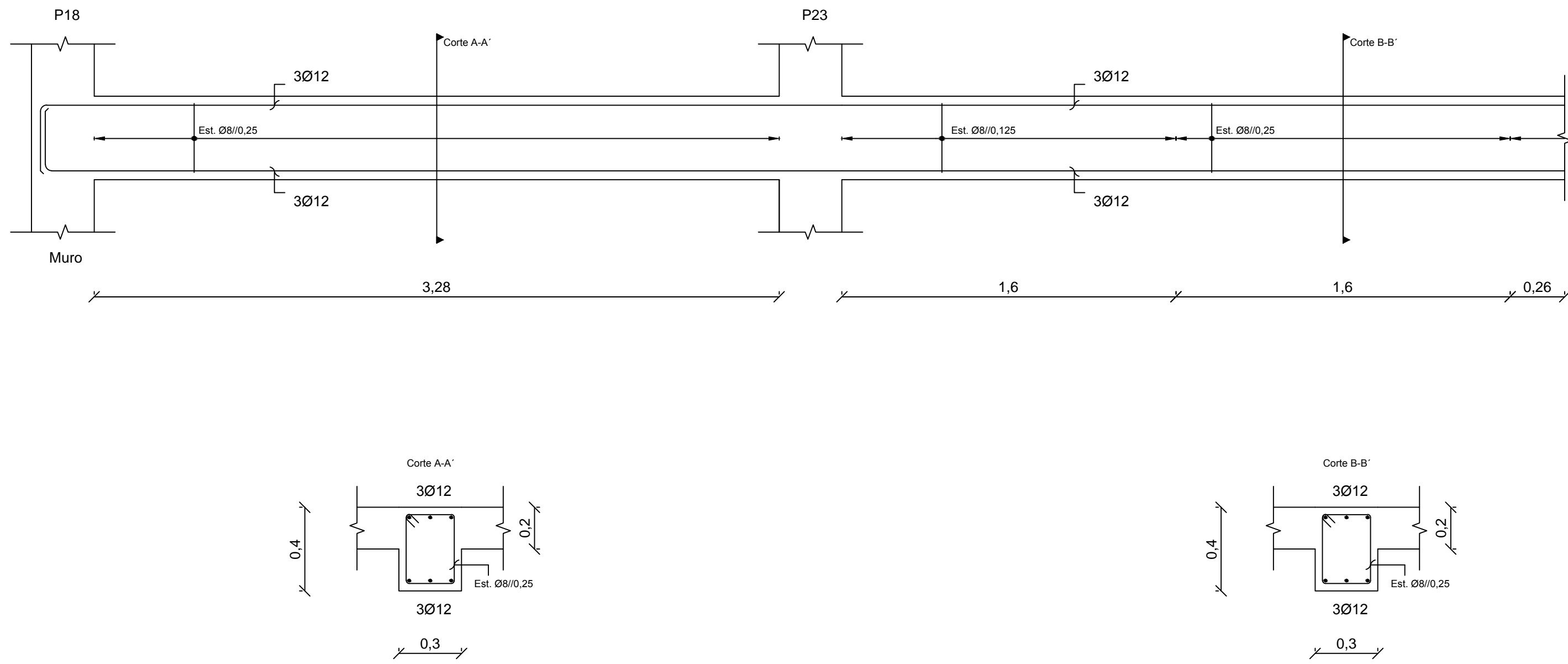


V24.0

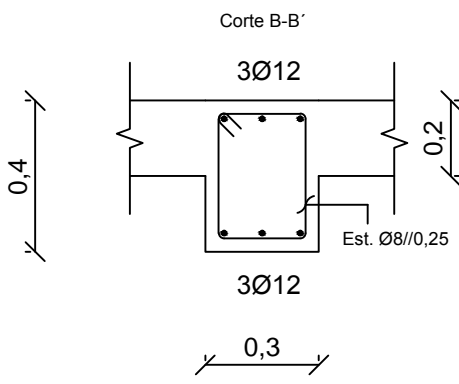


V25.0

V26.0



V27.0



MATERIAIS

BETÃO:

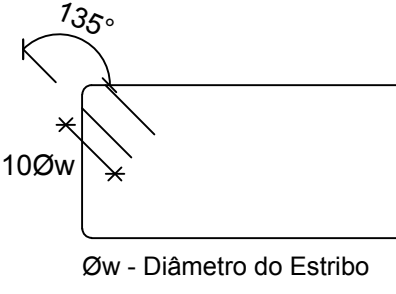
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

DESENHO N.º

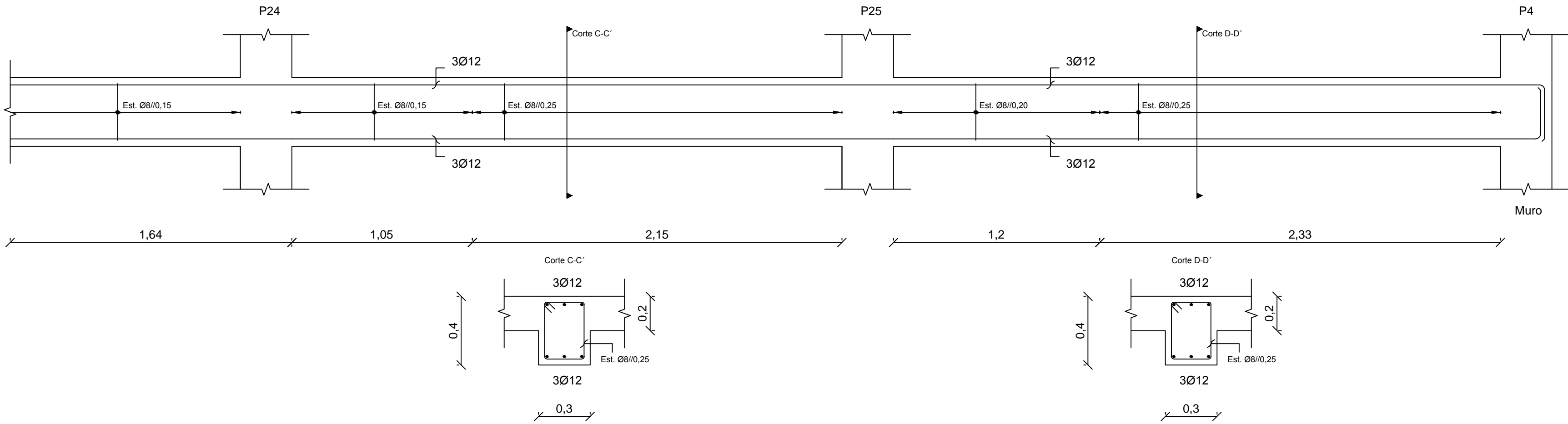
Vigas 2/29

19

Formato A1

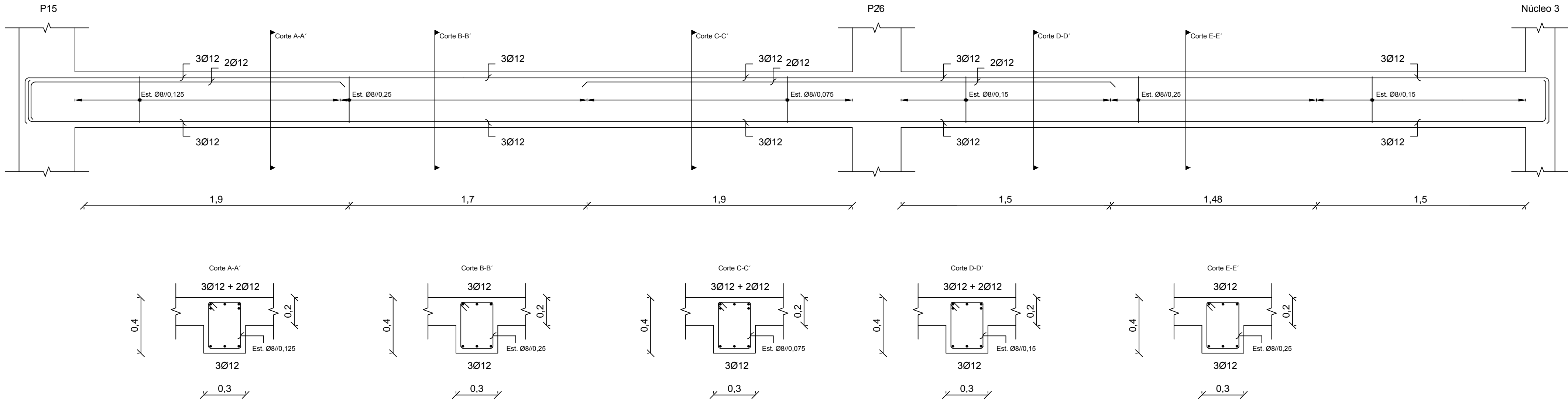
V28.0

V29.0



V30.0

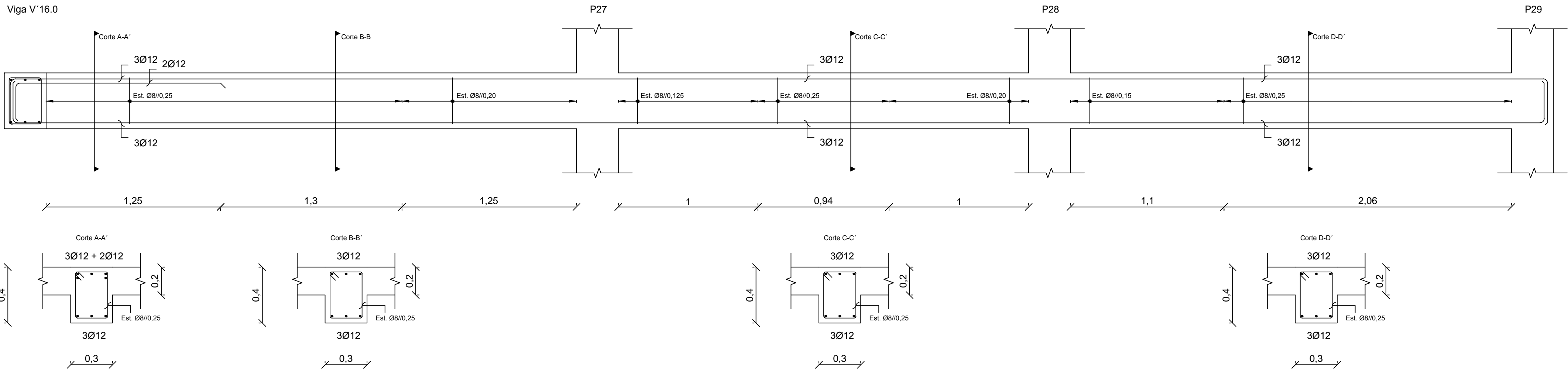
V31.0



V32.0

V33.0

V34.0



MATERIAIS

BETÃO:

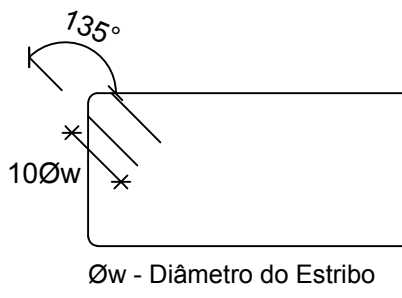
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

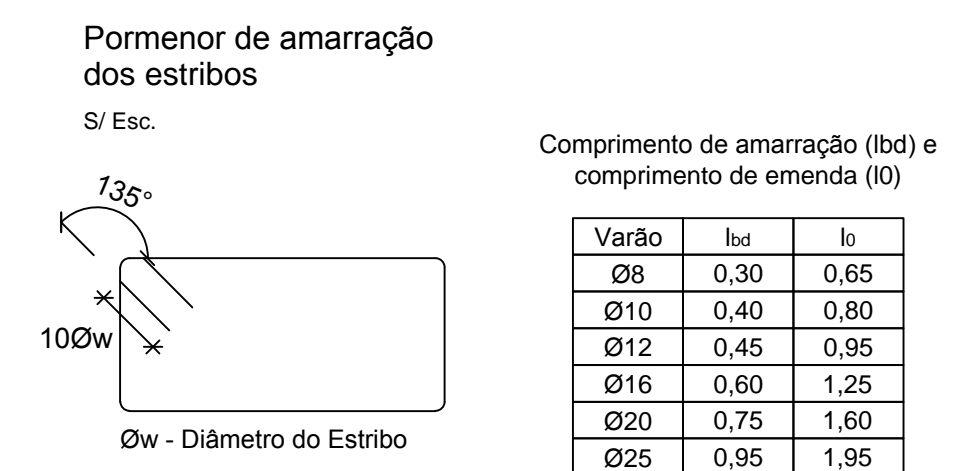
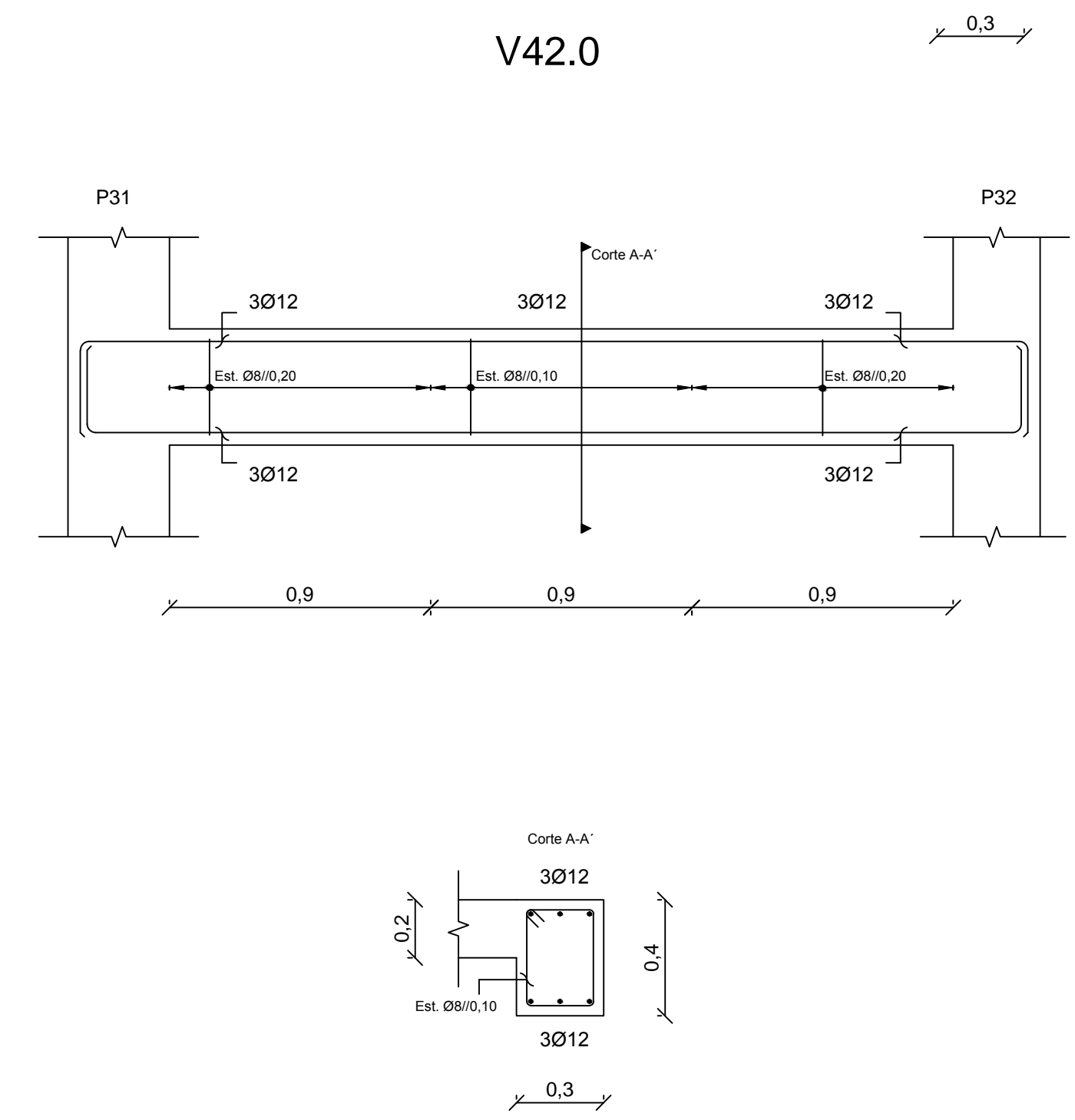
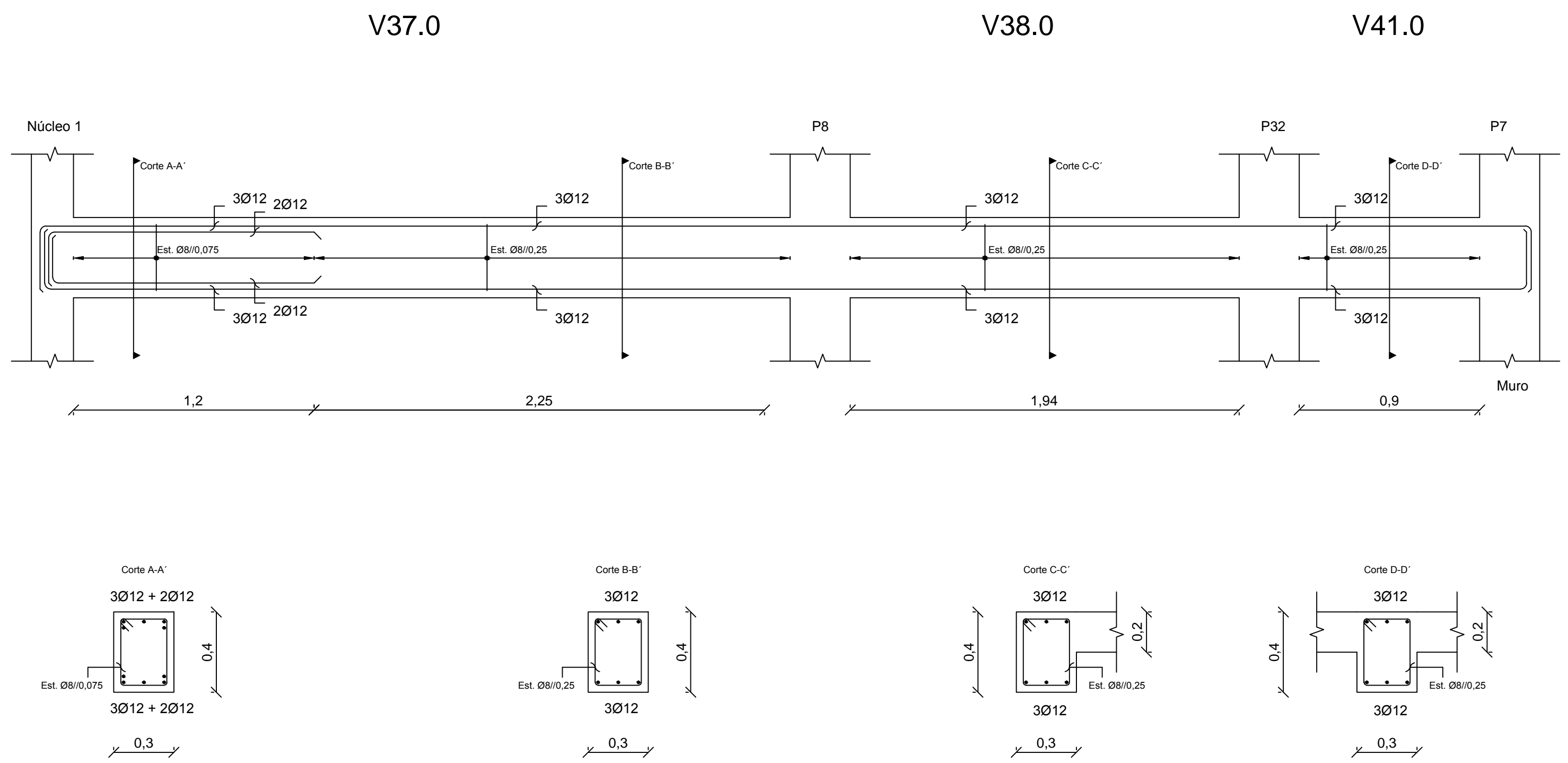
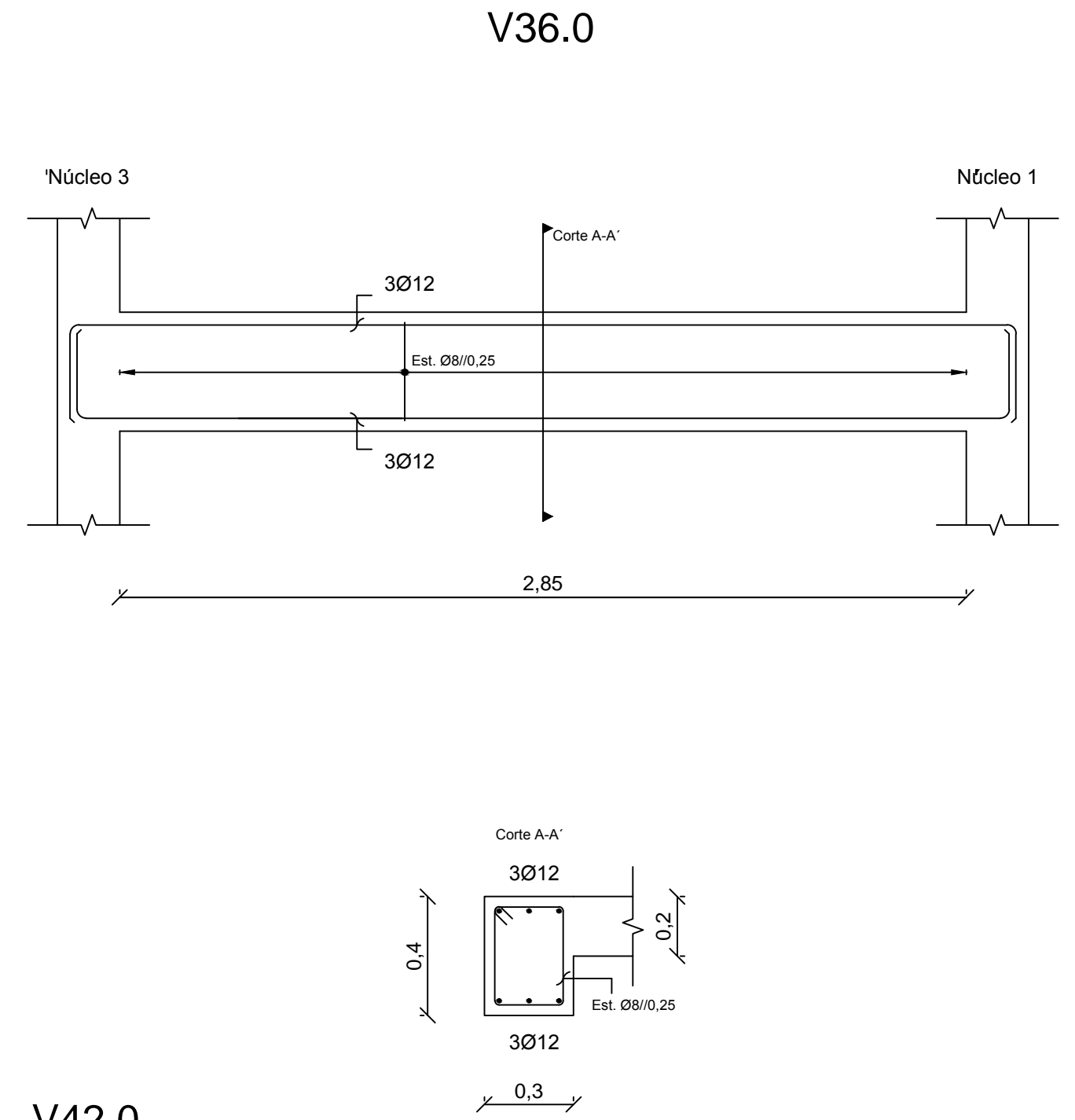
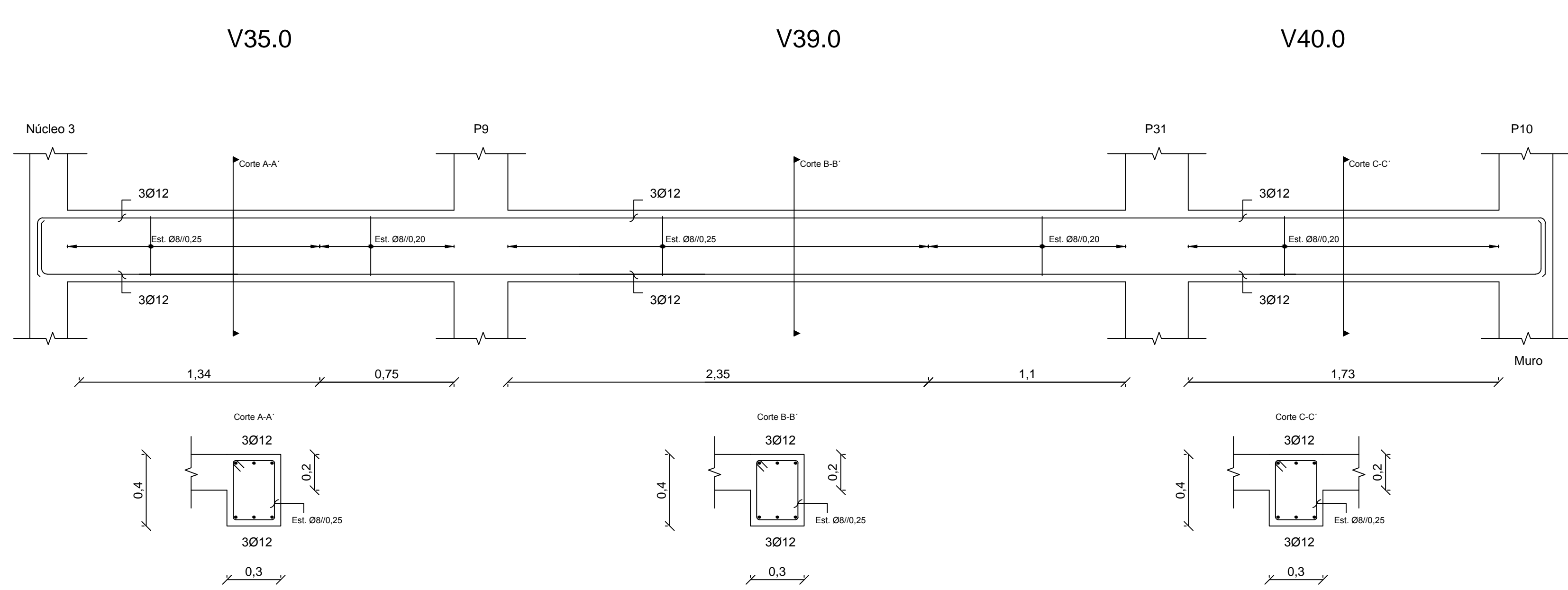
Vigas 3/29

DESENHO N.º

20

Formato A1


Dezembro de 2014



MATERIAIS

**BETÃO:**  
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

**AÇO:**  
Armaduras ordinárias: A500 NR SD



**ISEL**  
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

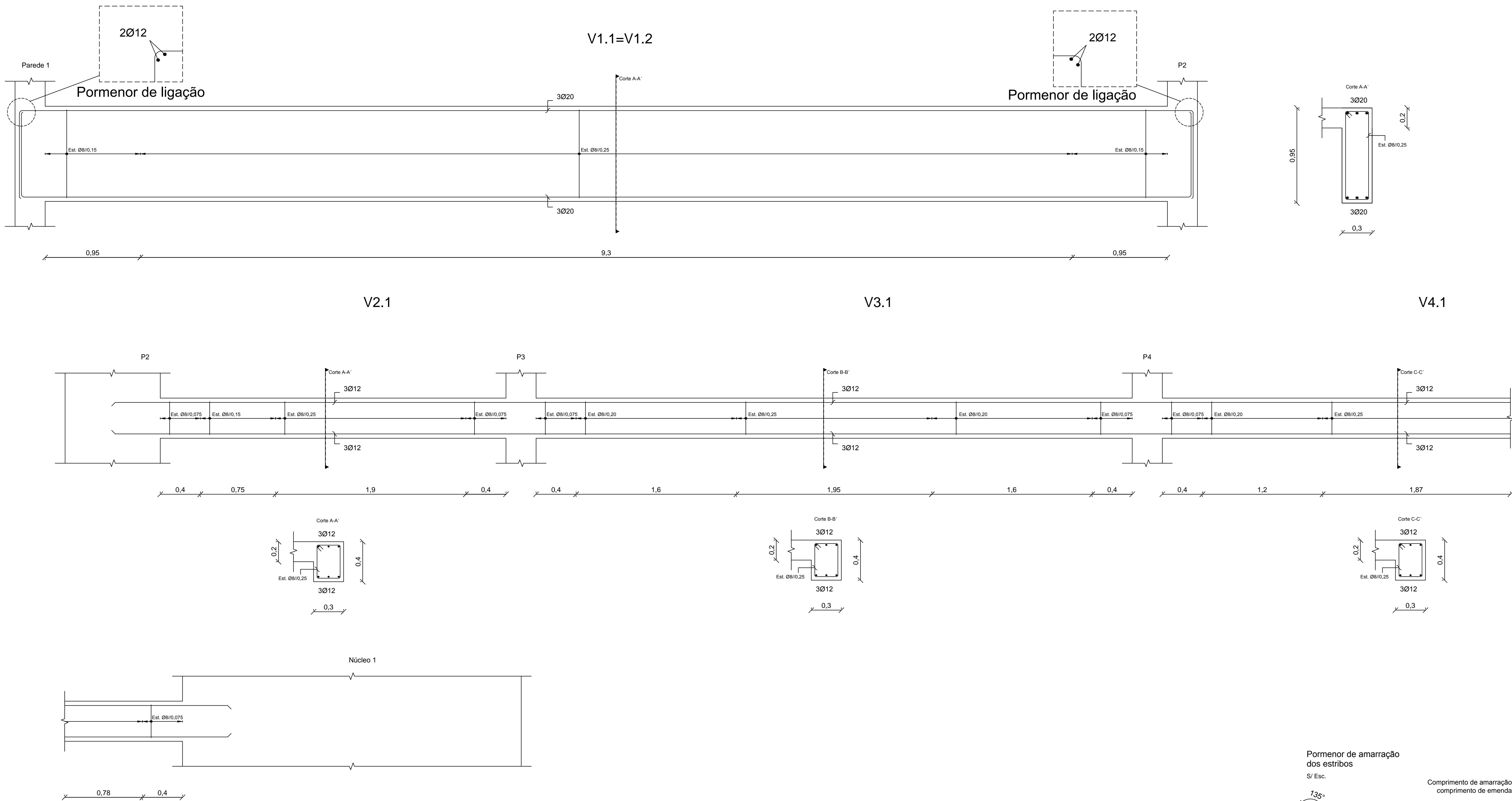
TRABALHO FINAL DE MESTRADO

Dezembro de 2014

Betão Armado  
Vigas 4/29

ESCALA 1/20

DESENHO N.º  
21  
Formato A1



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.

135°

10Øw

Øw - Diâmetro do Estribo

| Varão | l <sub>bd</sub> | l <sub>o</sub> |
|-------|-----------------|----------------|
| Ø8    | 0,30            | 0,65           |
| Ø10   | 0,40            | 0,80           |
| Ø12   | 0,45            | 0,95           |
| Ø16   | 0,60            | 1,25           |
| Ø20   | 0,75            | 1,60           |
| Ø25   | 0,95            | 1,95           |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



**ISEL**  
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

Dezembro de 2014

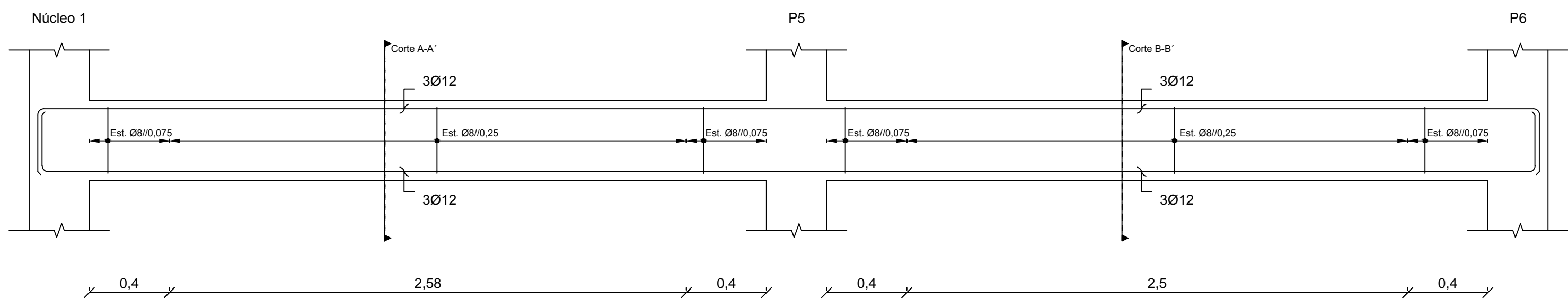
Betão Armado  
Vigas 5/29

ESCALA 1/20

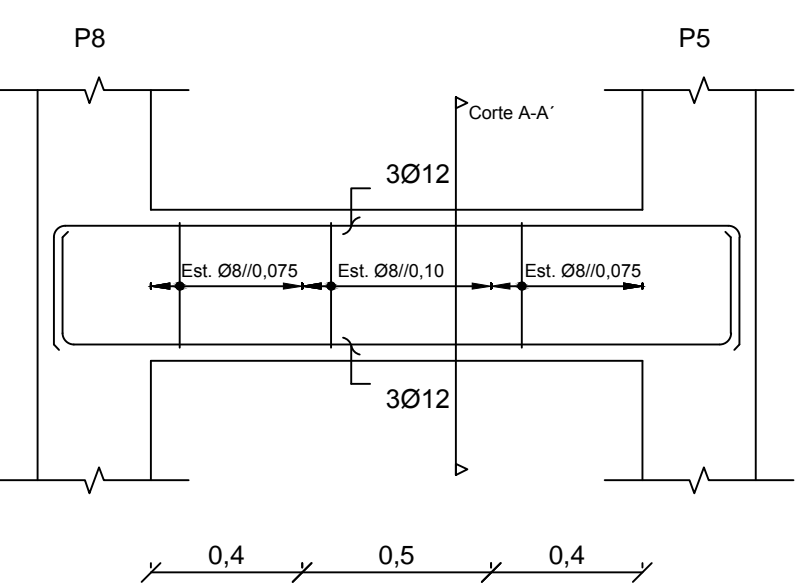
DESENHO N.º  
22

Formato A1

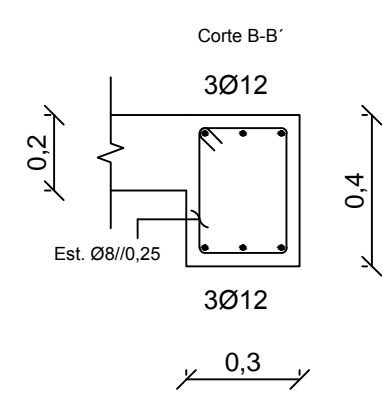
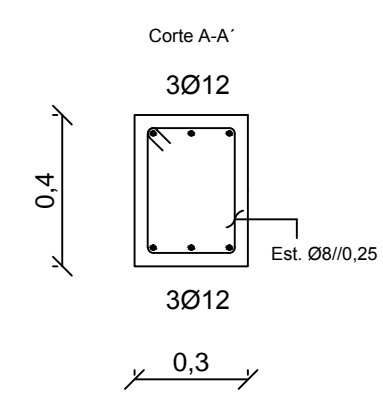
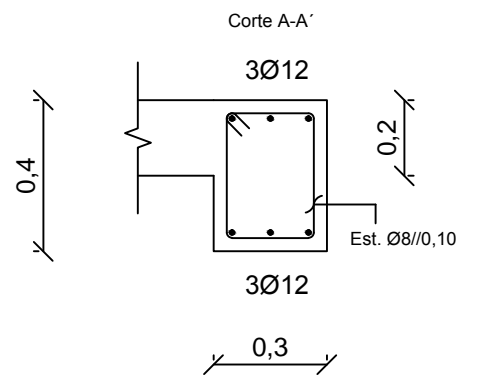
V5.1



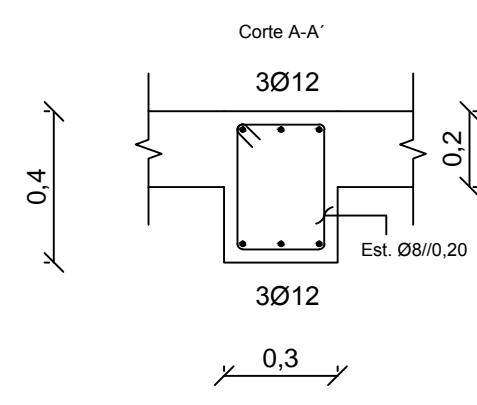
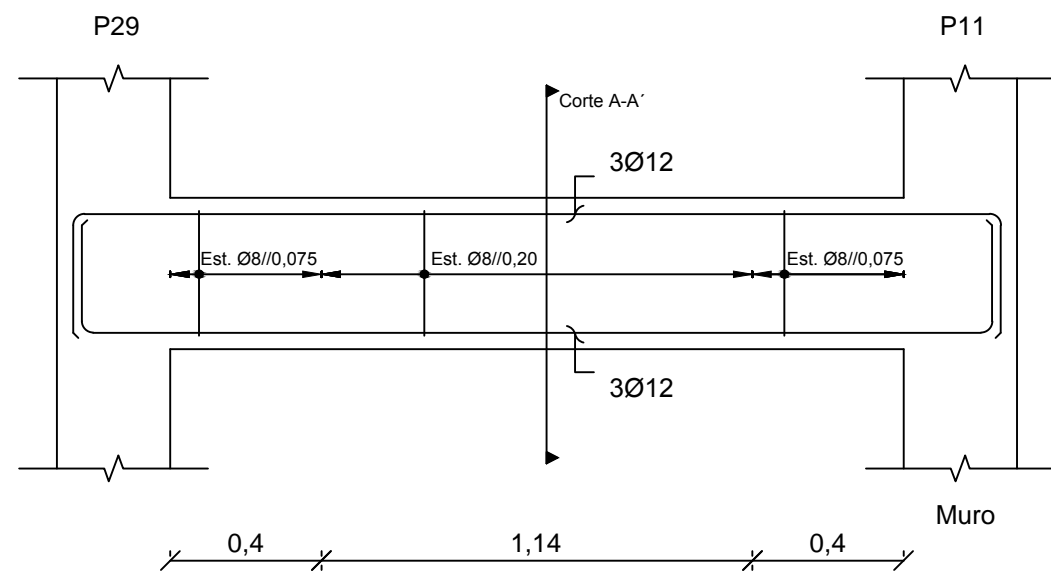
V7.1



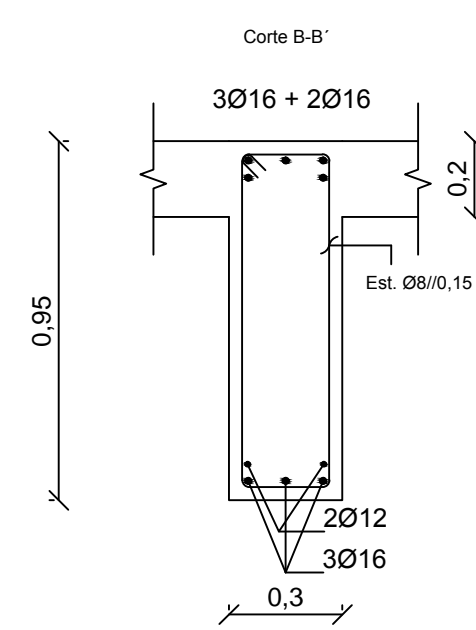
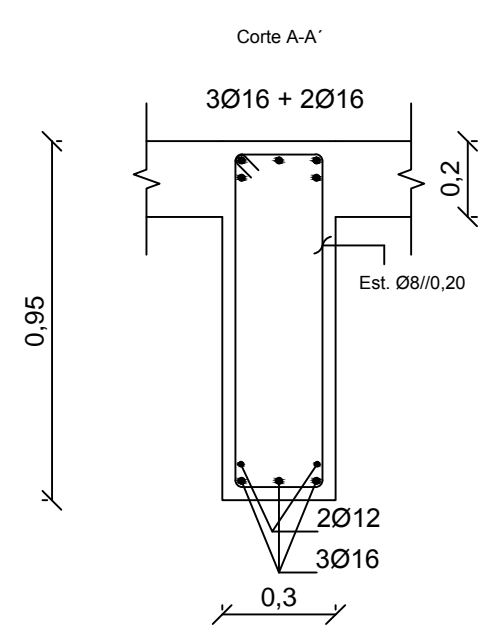
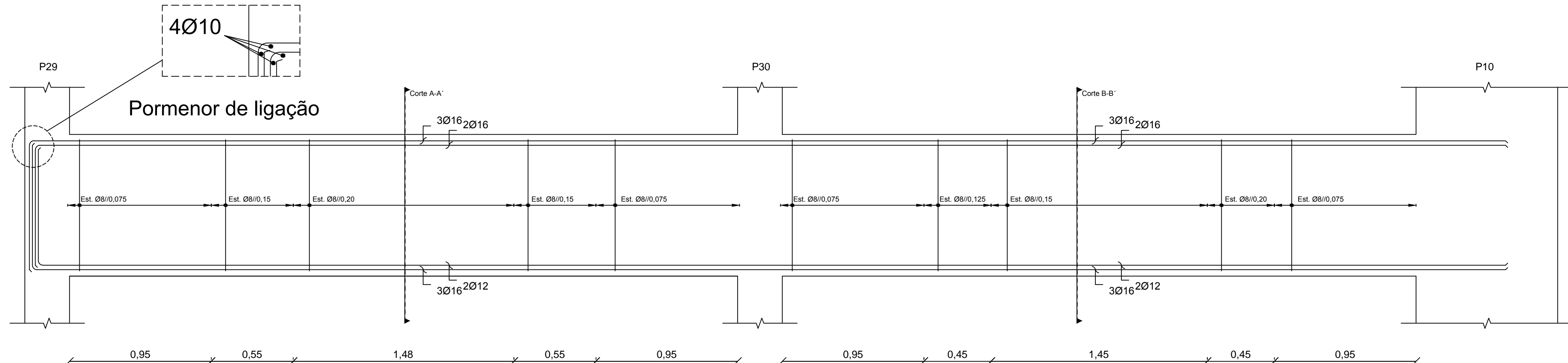
V6.1



V12.1=V12.2=V12.3=V12.4

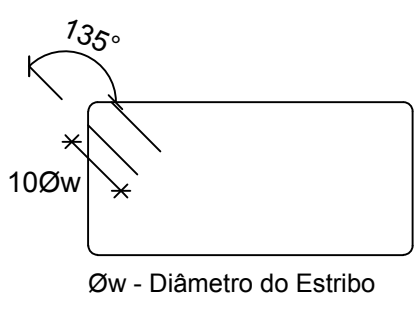


V11.1



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



ISEL

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

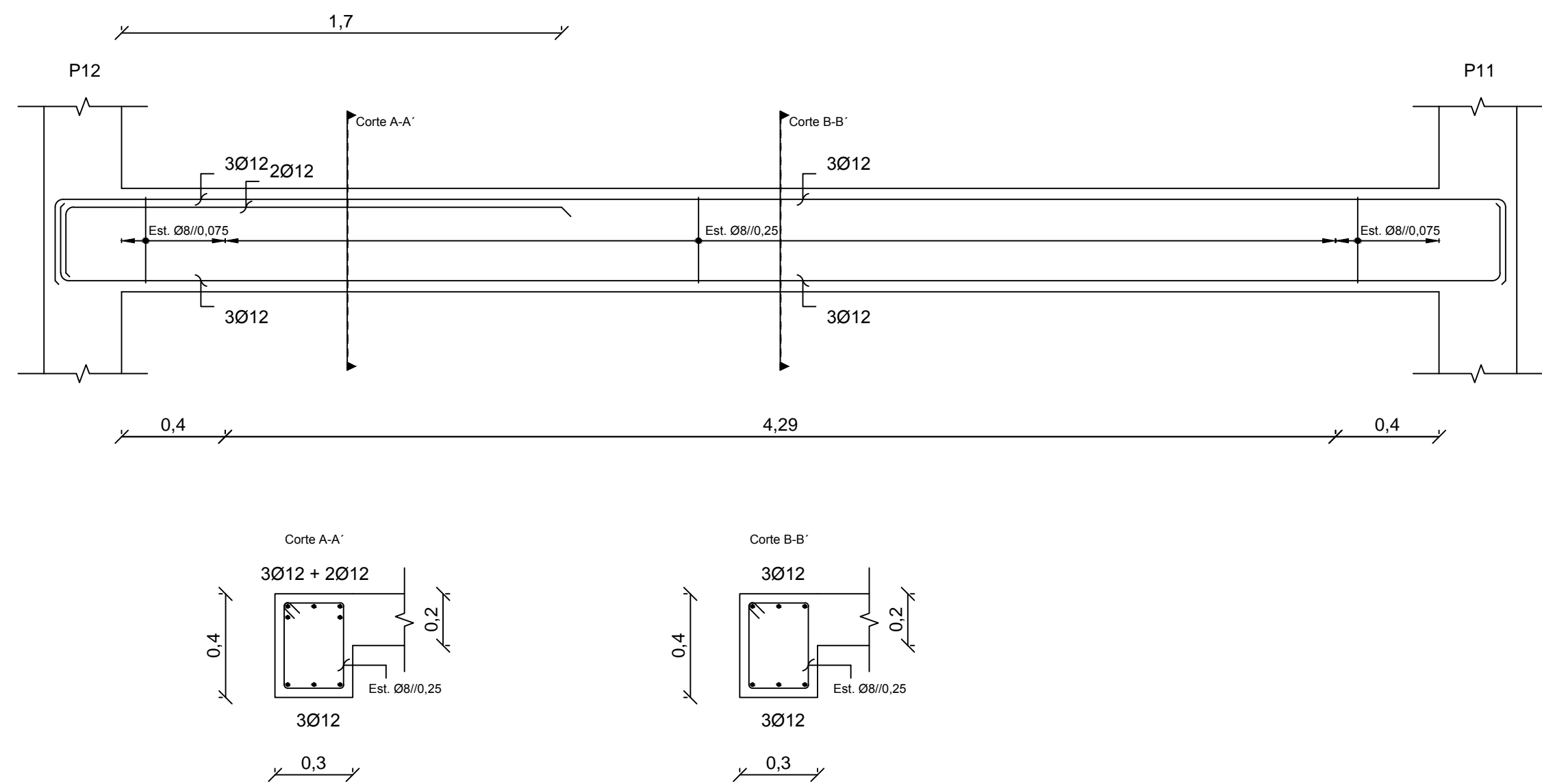
Vigas 6/29

DESENHO N.º

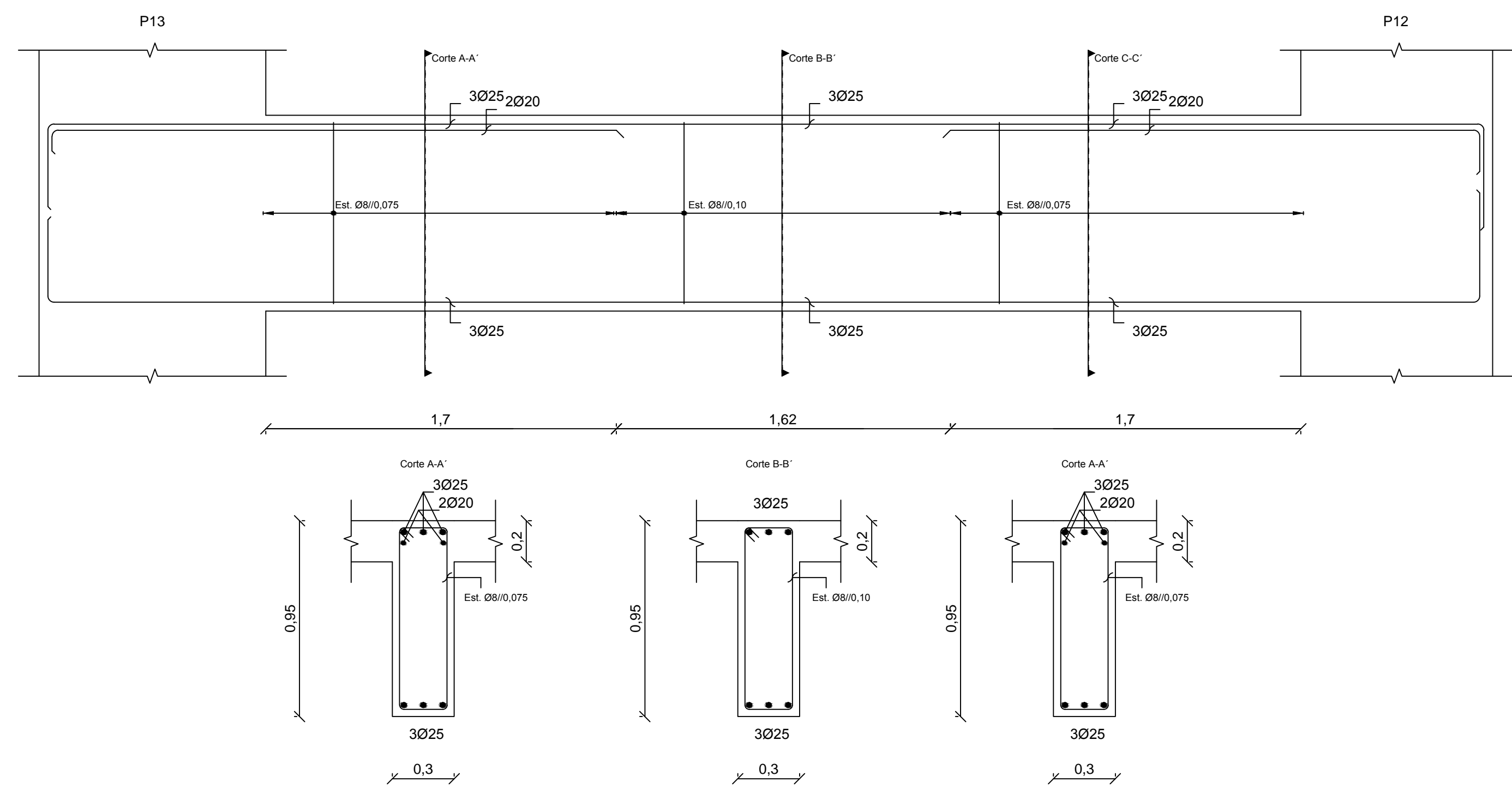
23

Formato A1

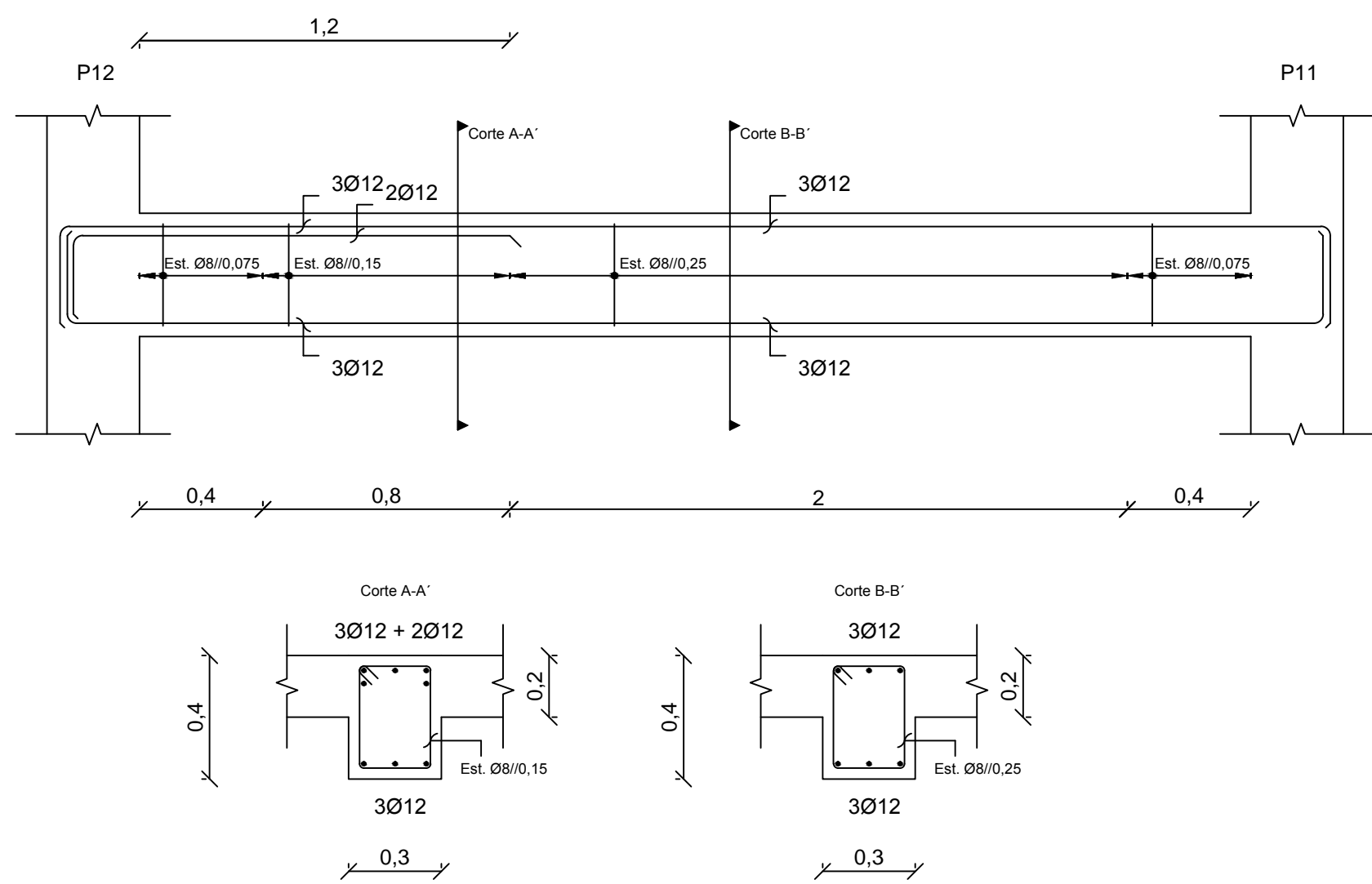
V13.1=V13.2=V13.3



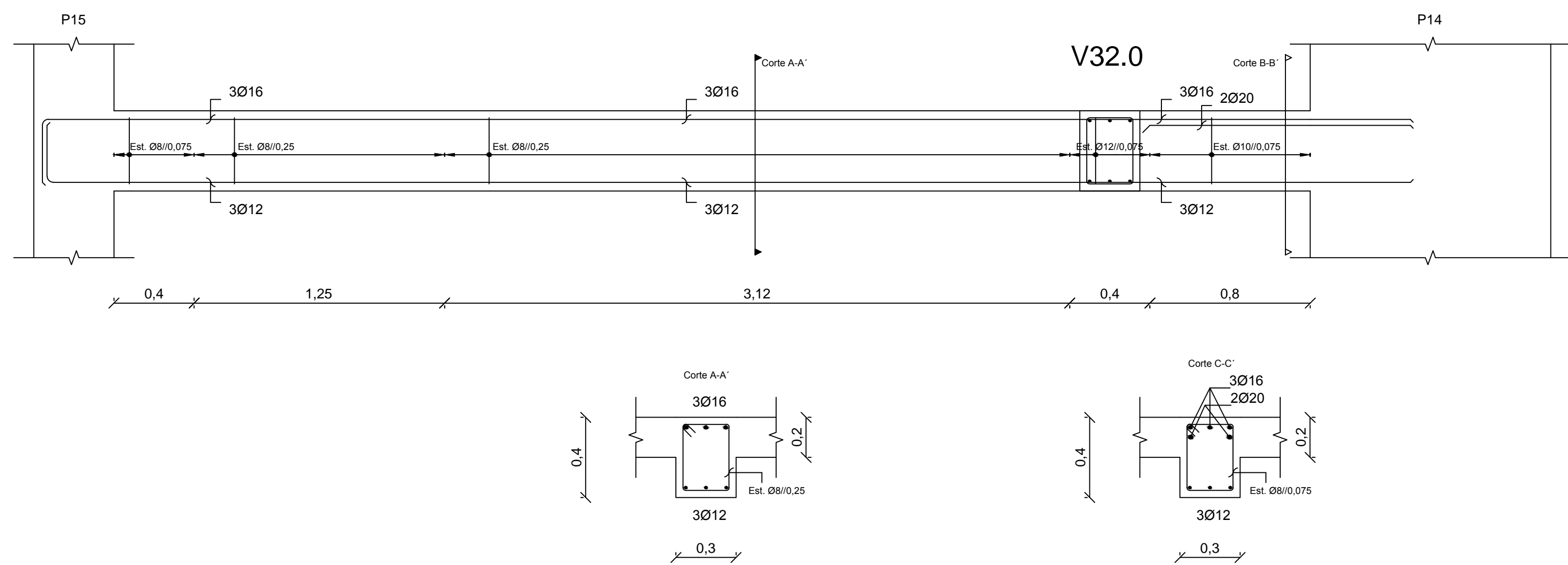
V14.1=V14.2



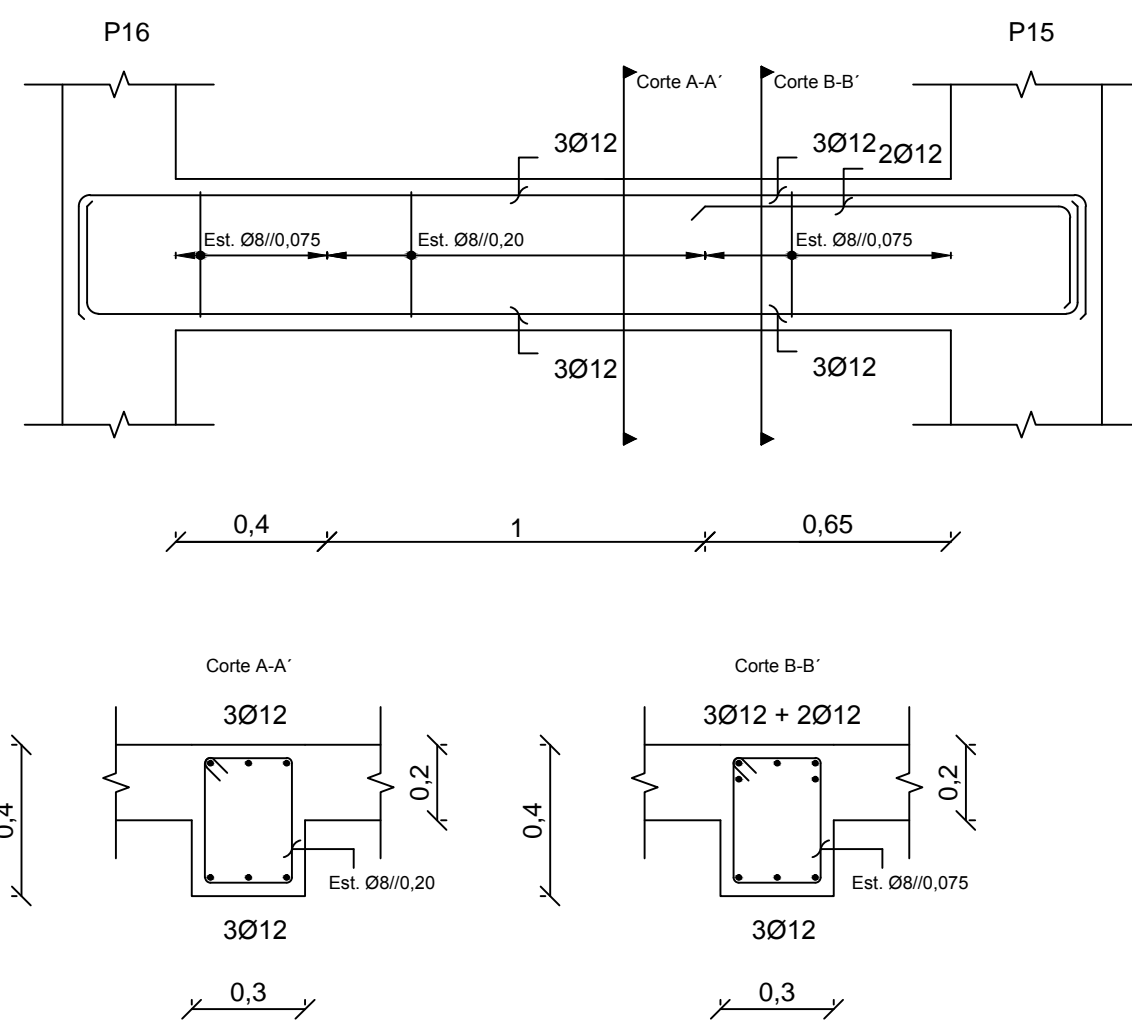
V15.1



V16.1

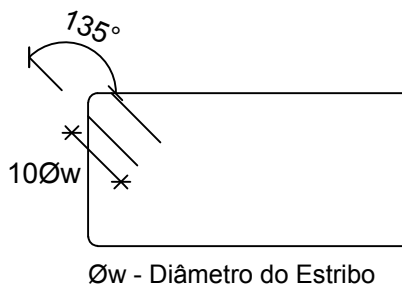


V17.1=V17.2=V17.3



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

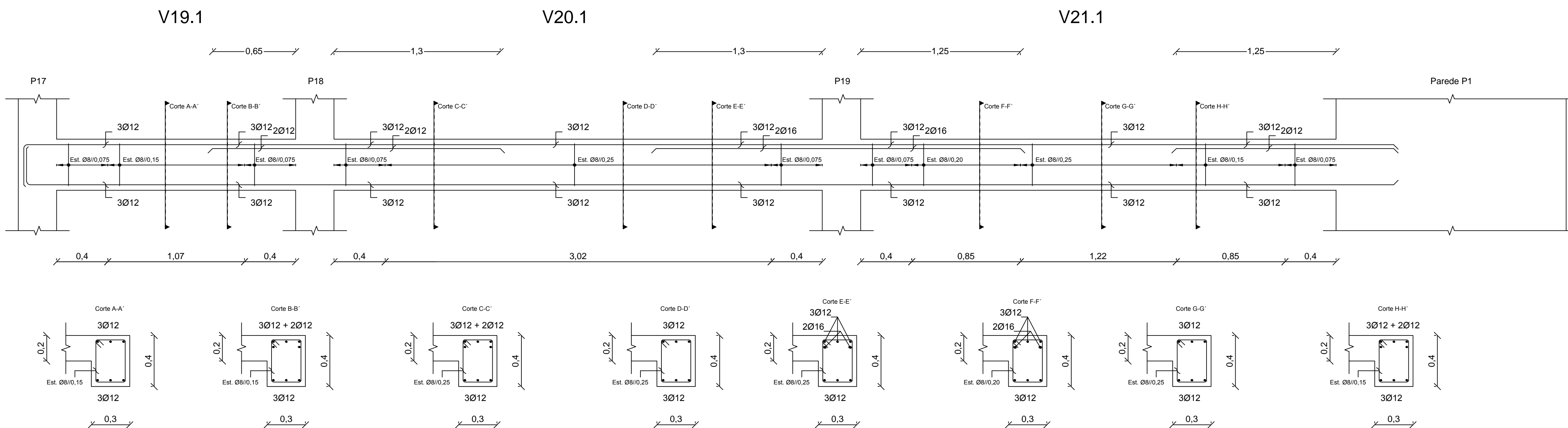
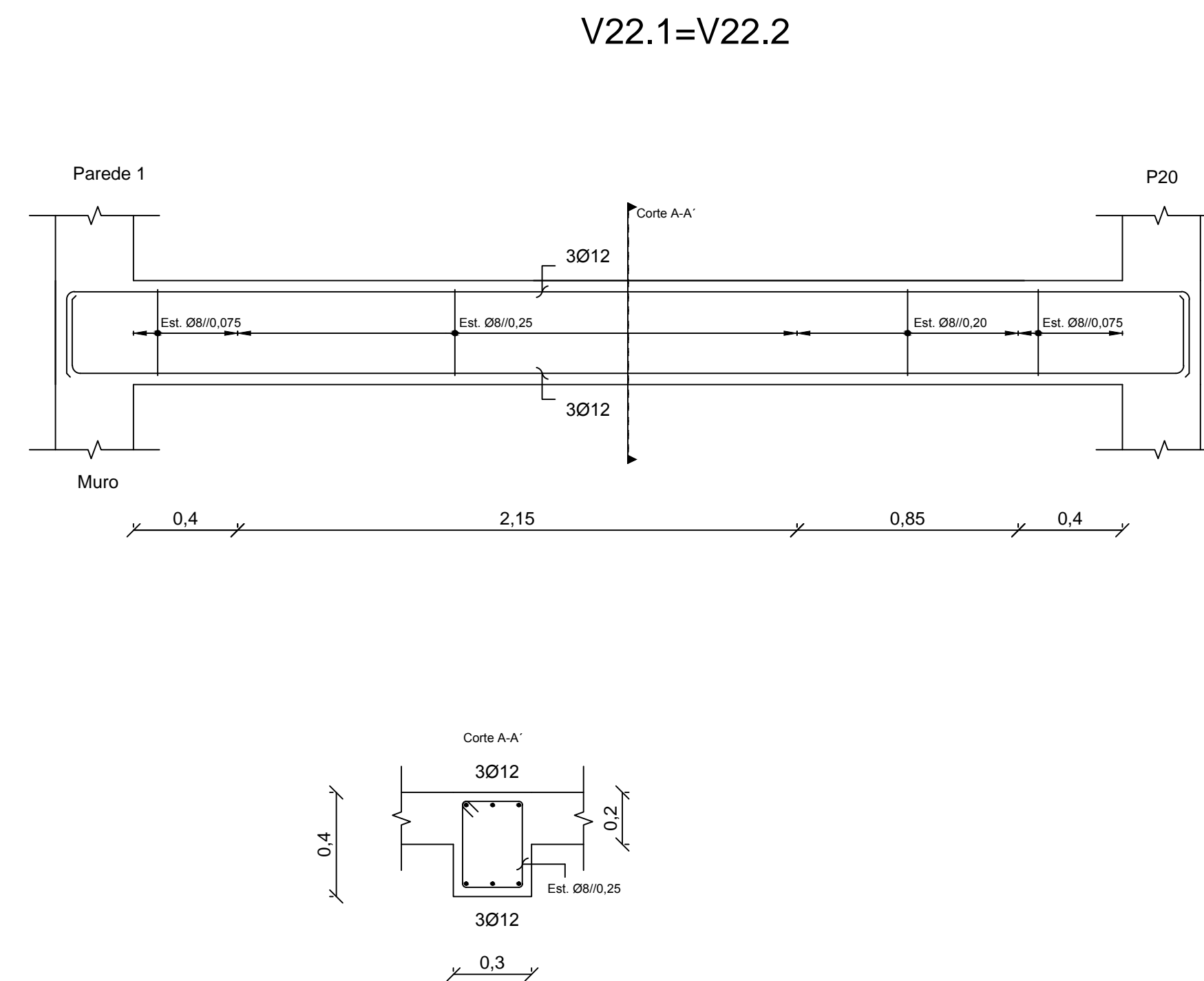
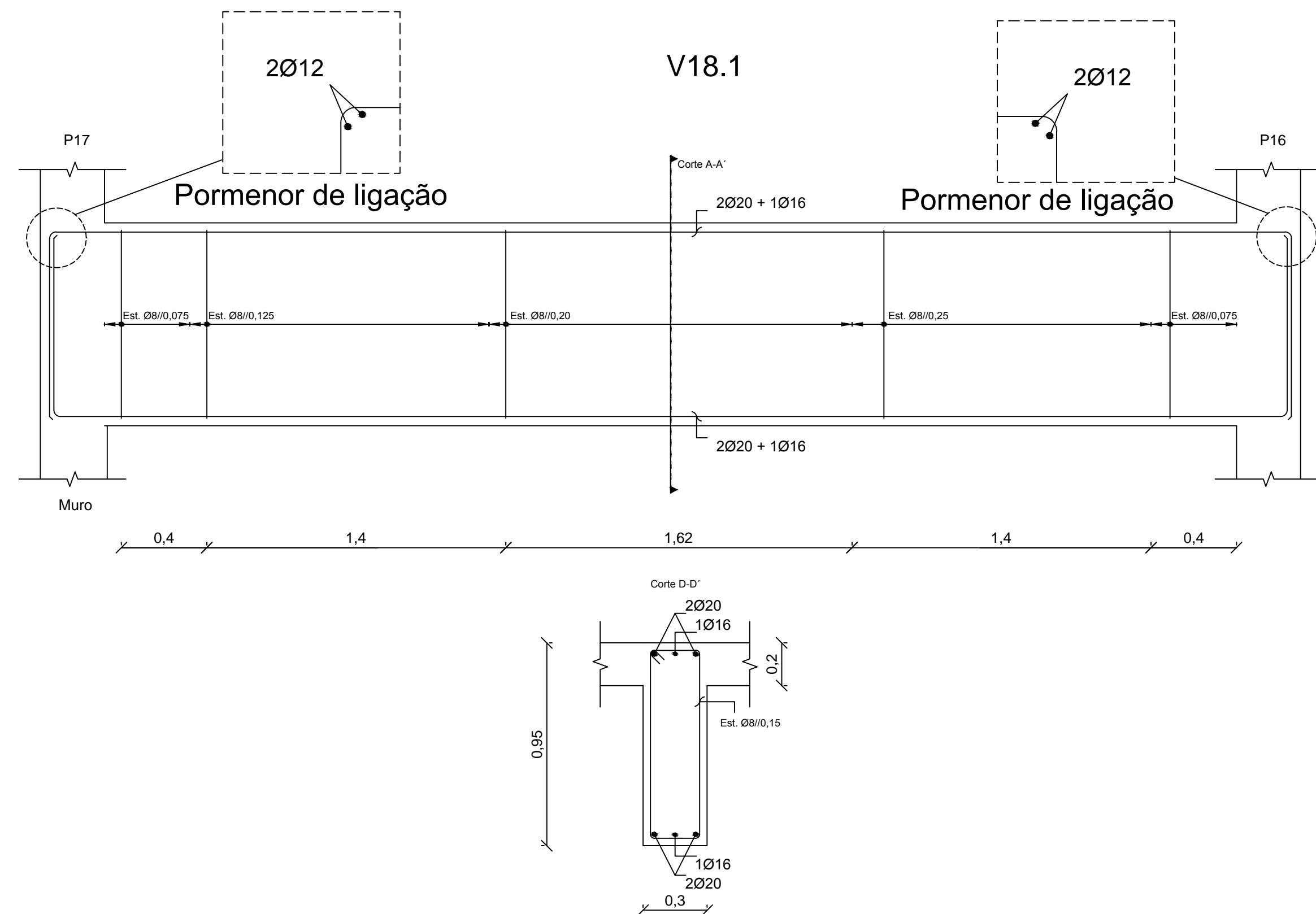
Betão Armado

Vigas 7/29

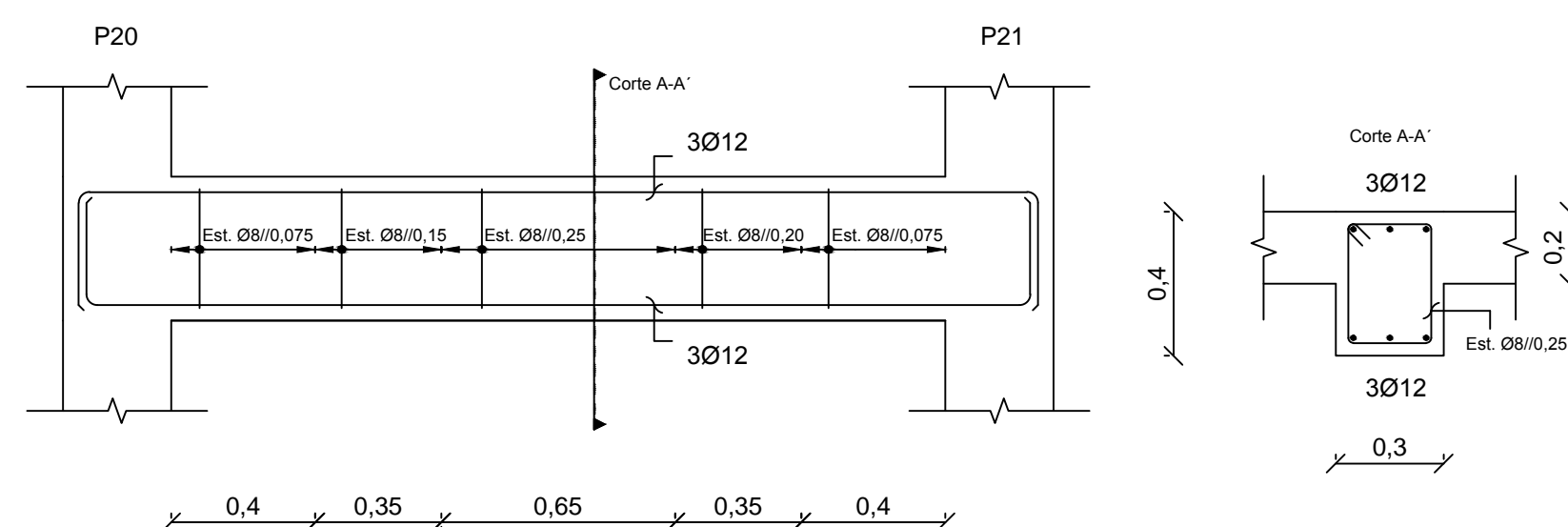
DESENHO N.º

24

Formato A1

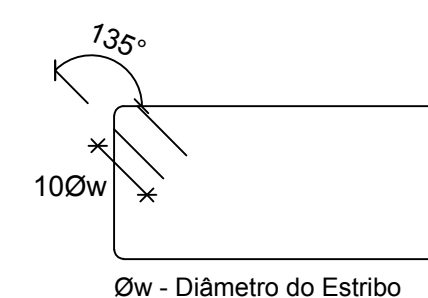


V23.1=V23.2=V23.3=V23.4



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) Cl0.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 8/29

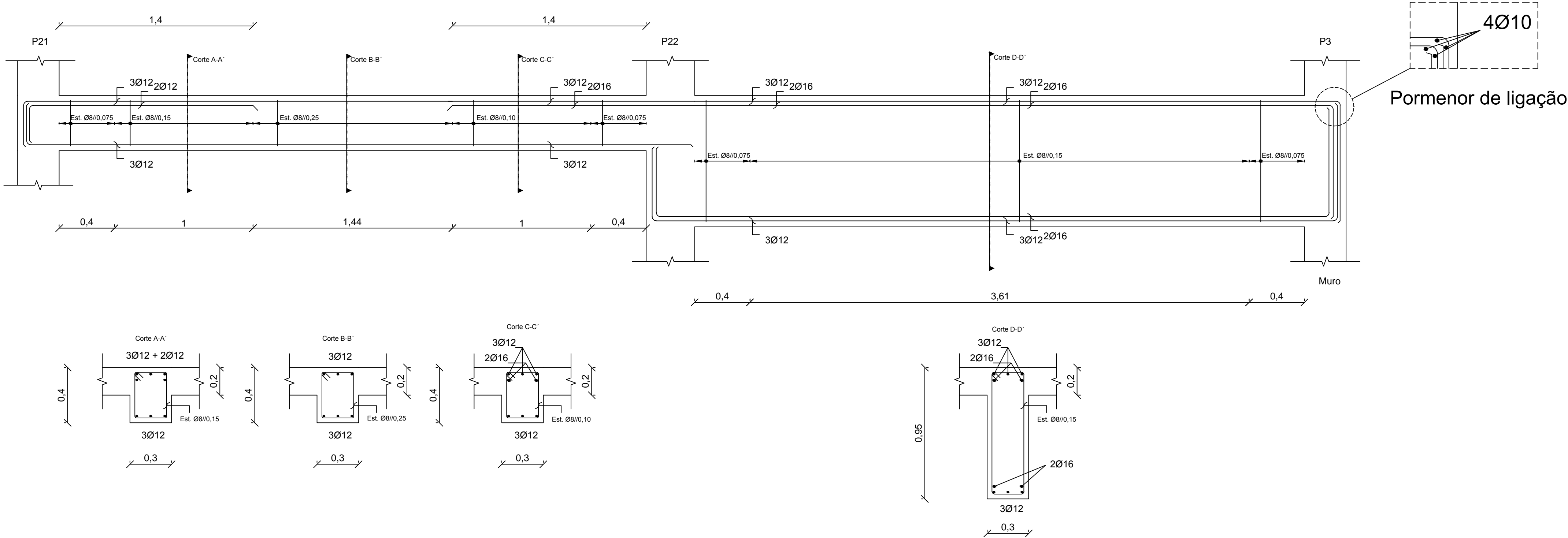
DESENHO N.º

25

Formato A1

V24.1=V24.2

V25.1=V25.2

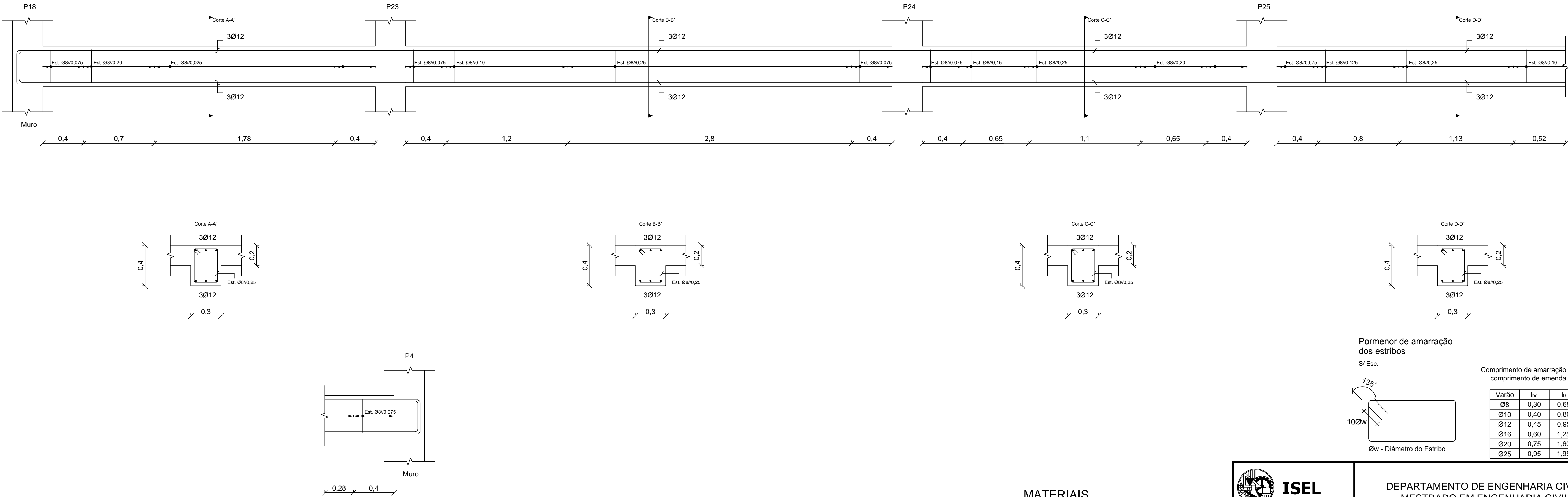


V26.1=V26.2

V27.1=V27.2

V28.1=V28.2

V29.1=V29.2



MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

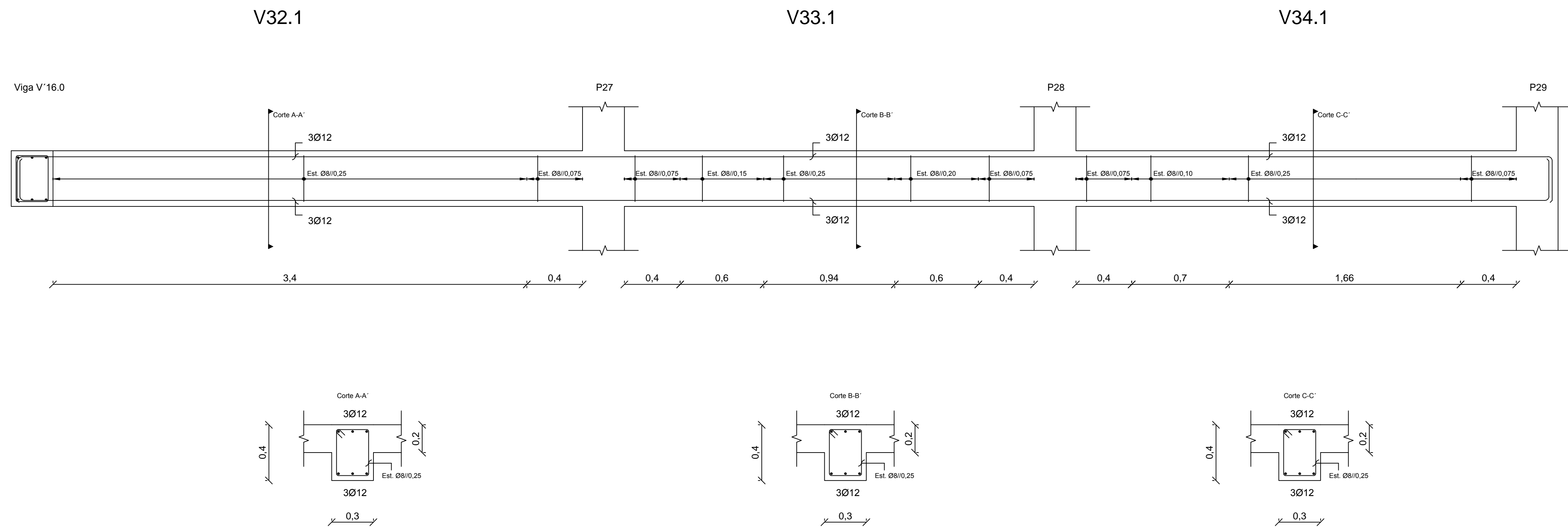
Vigas 9/29

DESENHO N.º

26

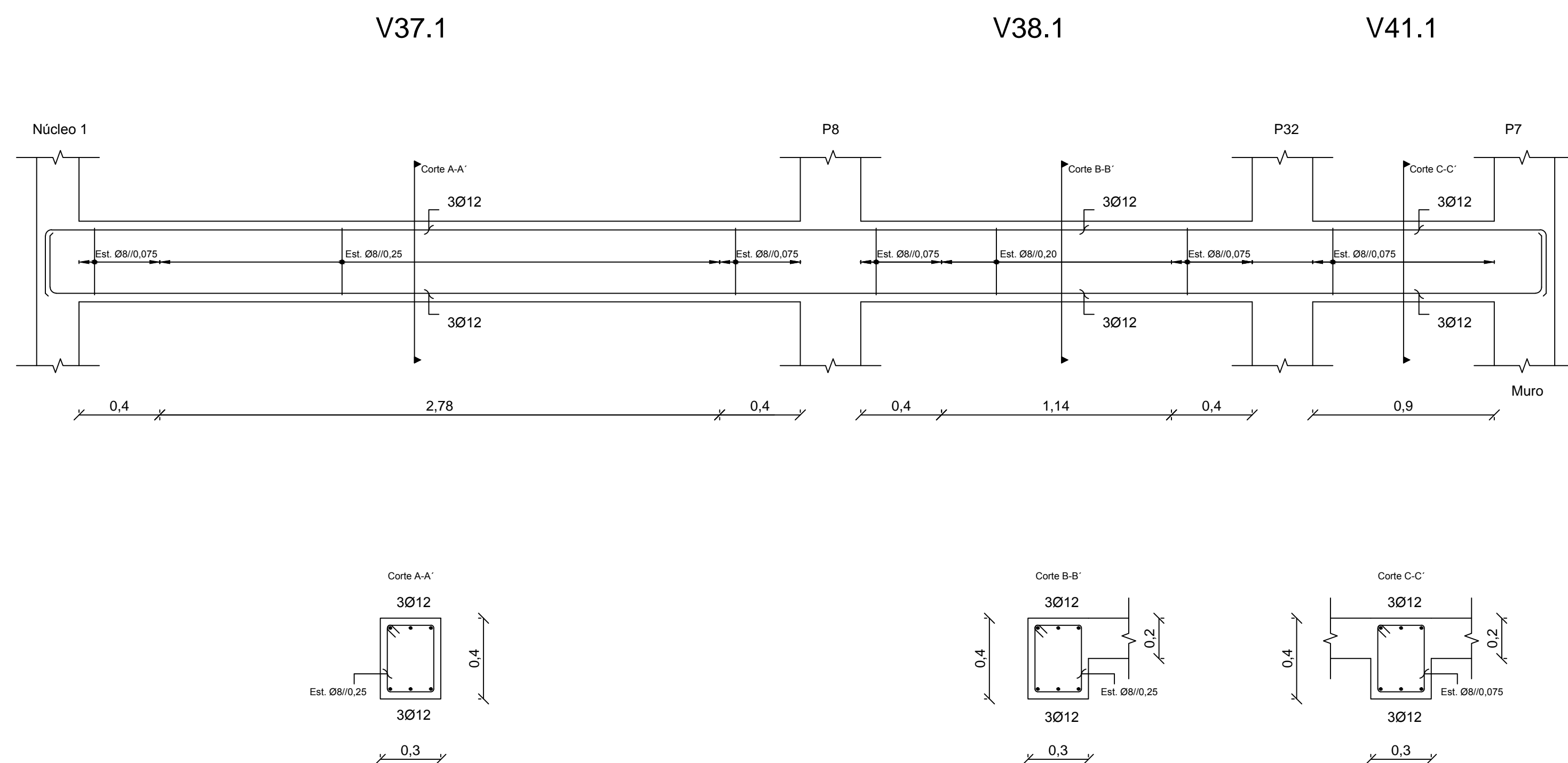
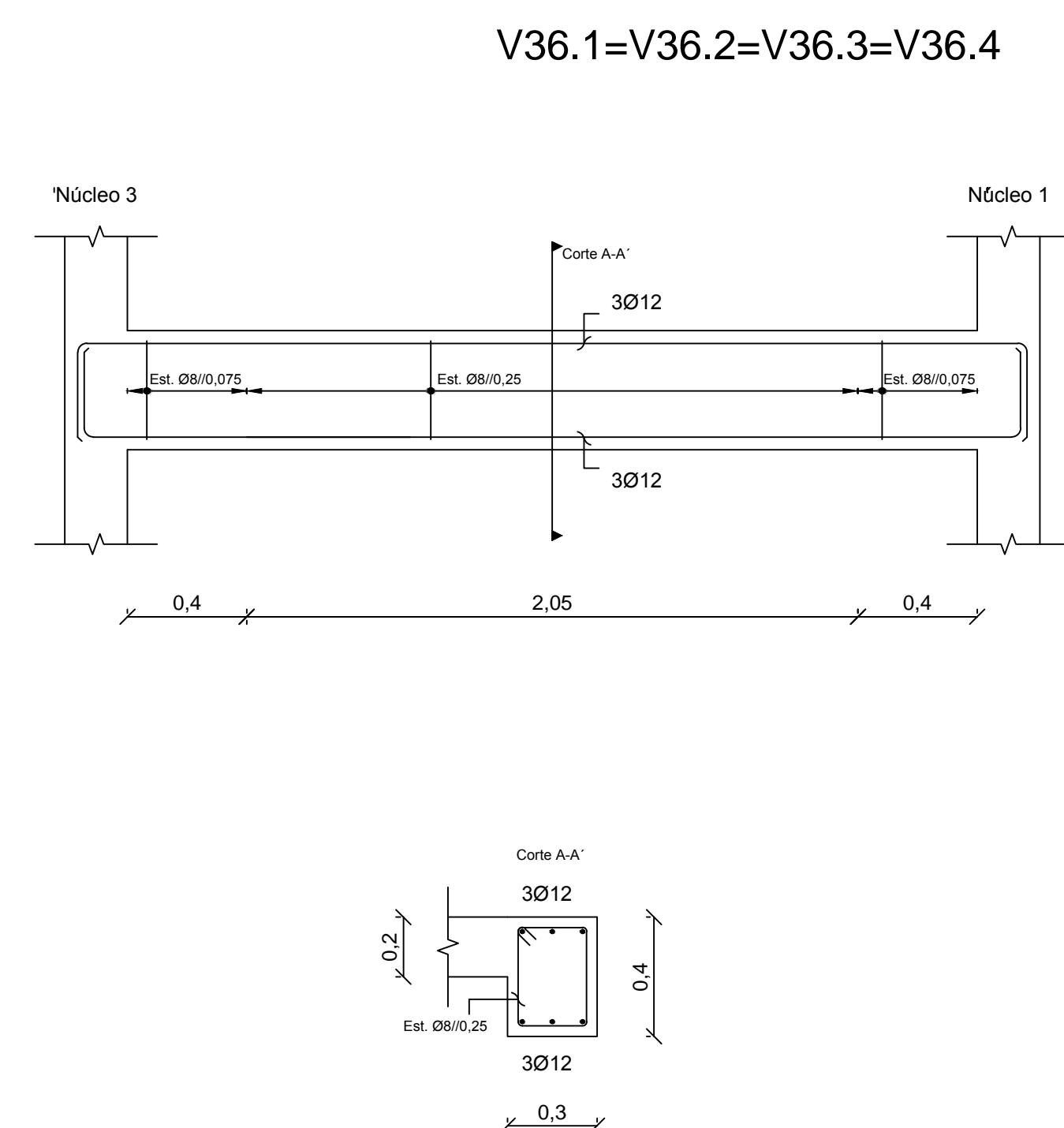
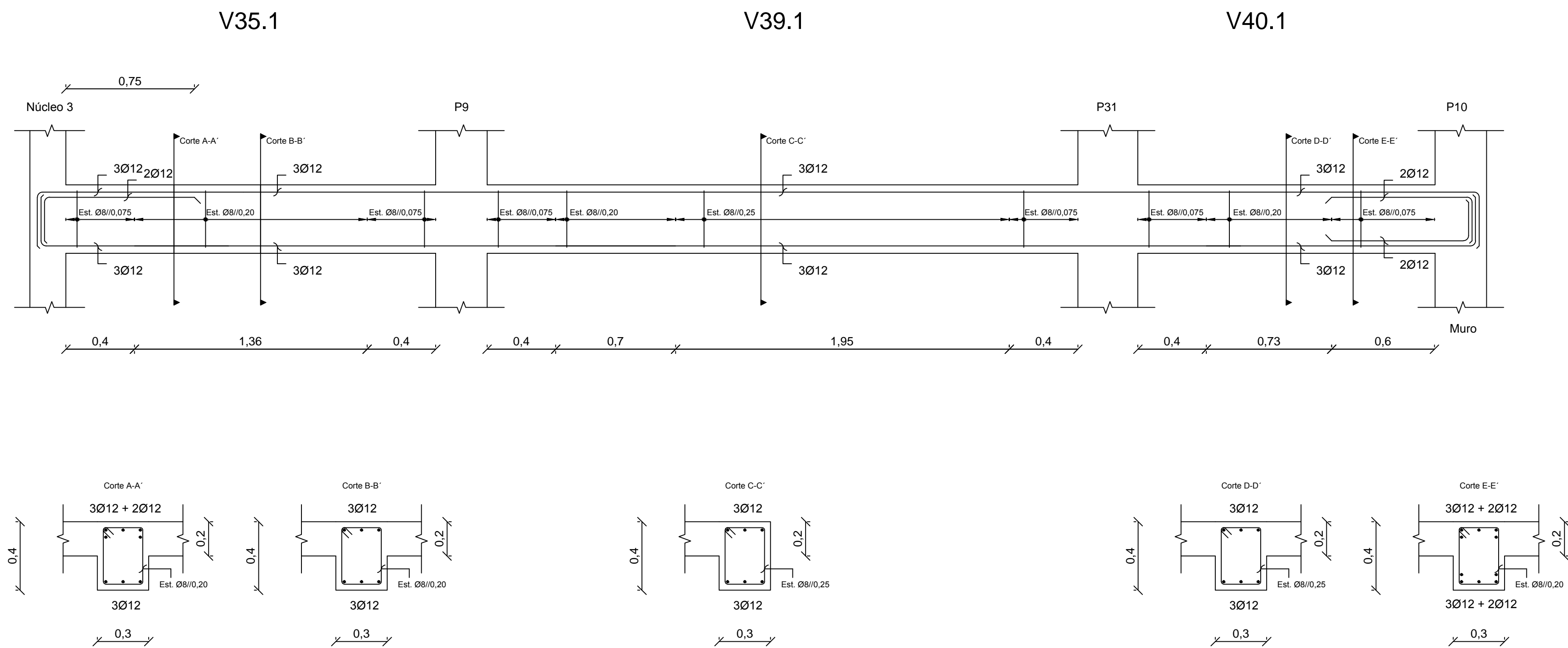
Formato A1





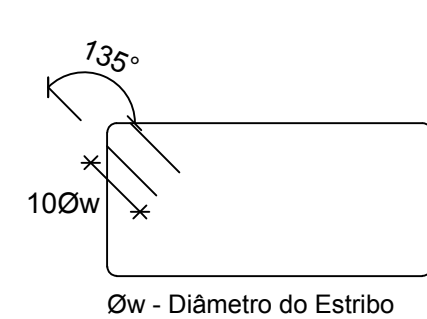
| Varão | l <sub>bd</sub> | l <sub>o</sub> |
|-------|-----------------|----------------|
| Ø8    | 0,30            | 0,65           |
| Ø10   | 0,40            | 0,80           |
| Ø12   | 0,45            | 0,95           |
| Ø16   | 0,60            | 1,25           |
| Ø20   | 0,75            | 1,60           |
| Ø25   | 0,95            | 1,95           |

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

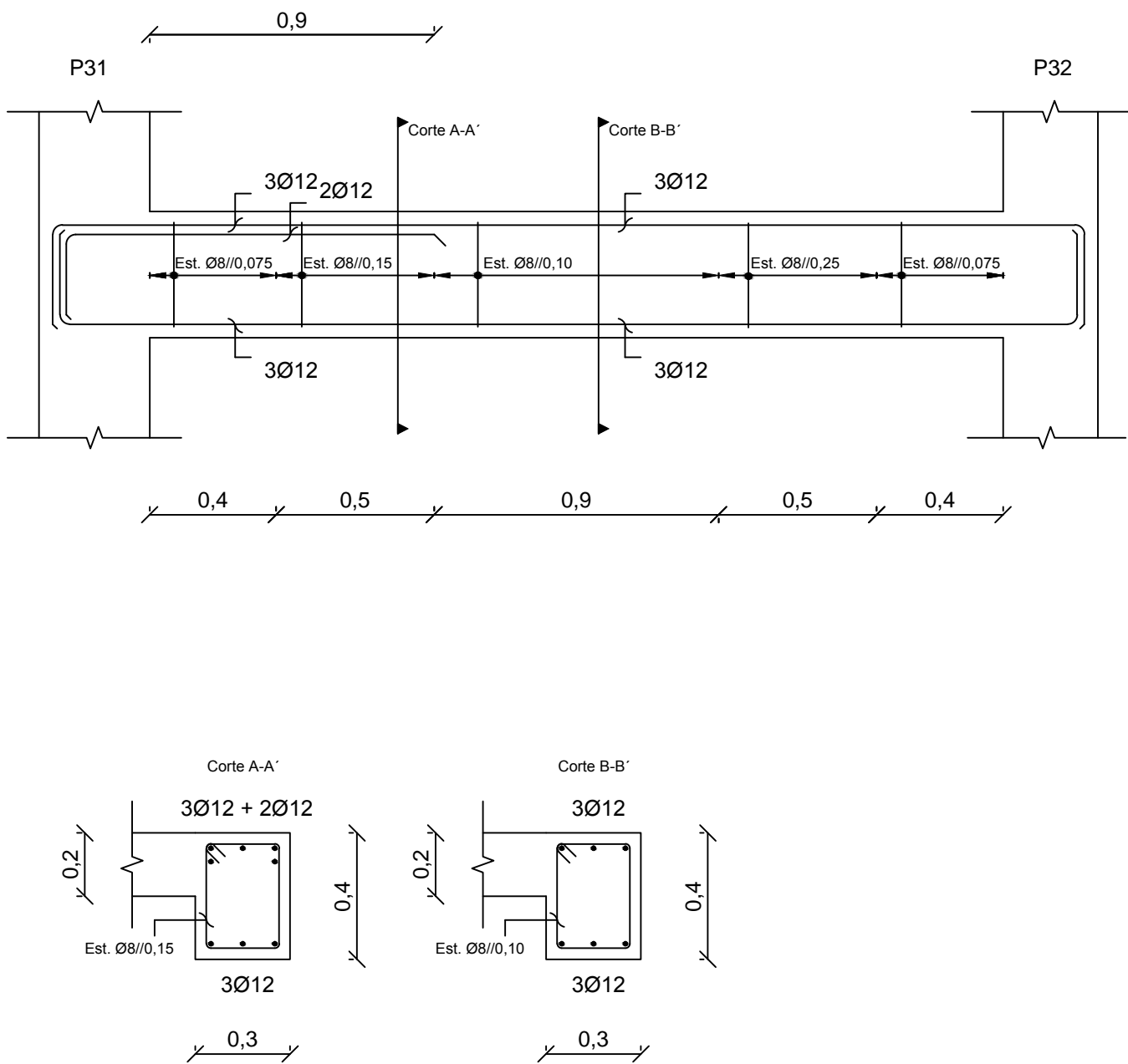
Vigas 11/29

DESENHO N.º

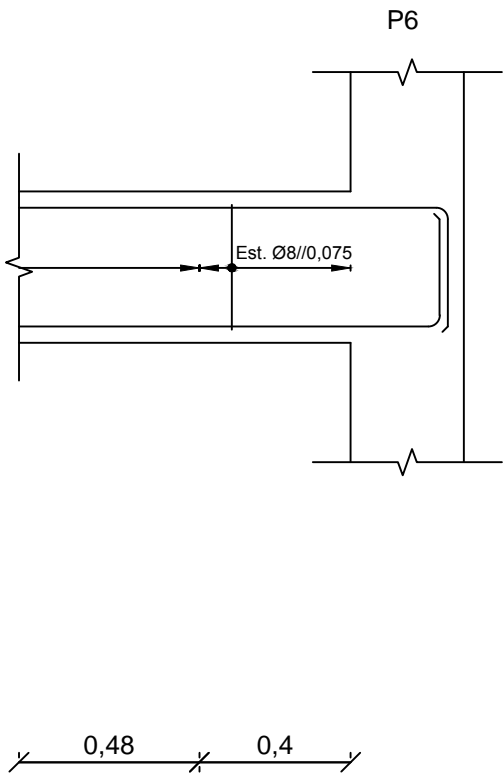
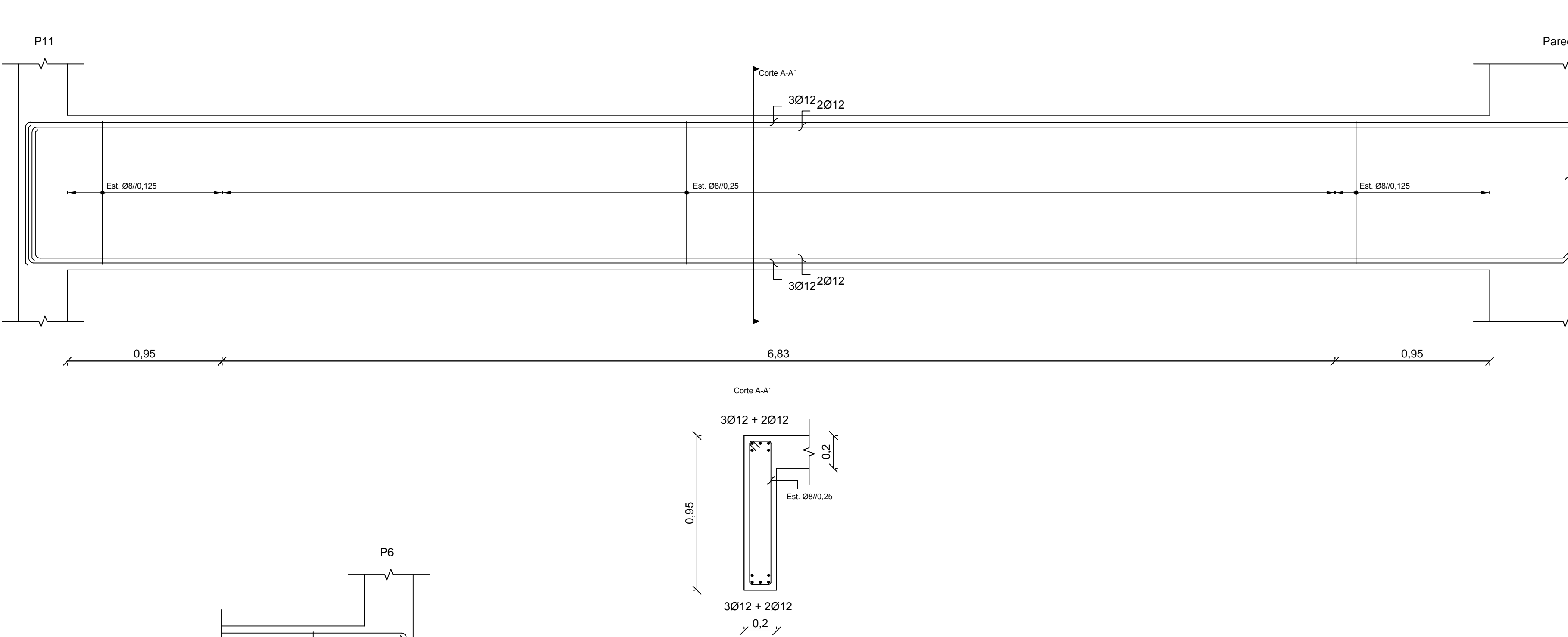
28

Formato A1

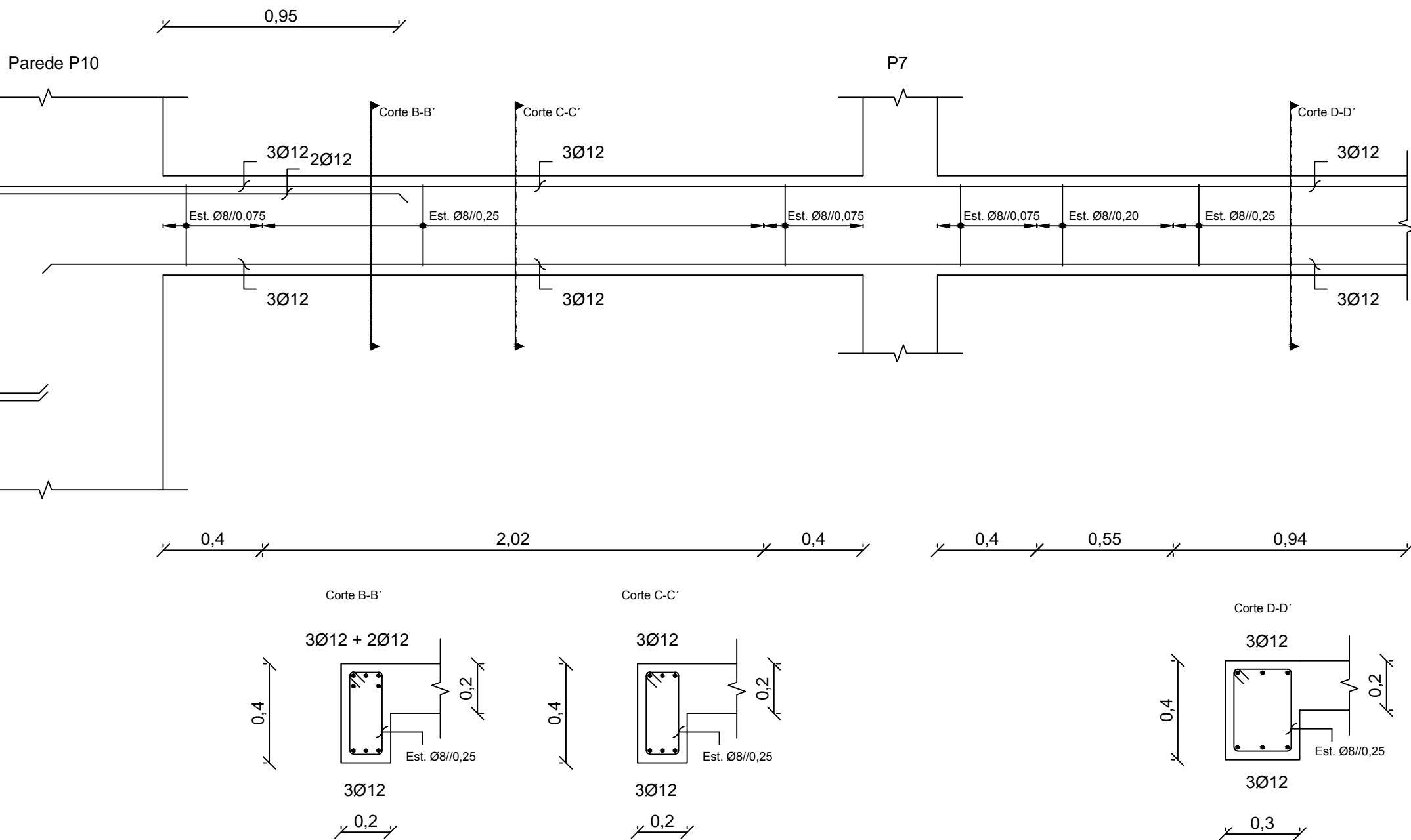
V42.1



V43.1



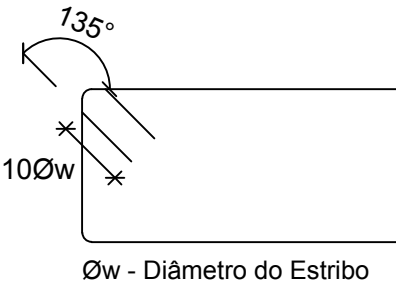
V9.1



V8.1

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 12/29

DESENHO N.º

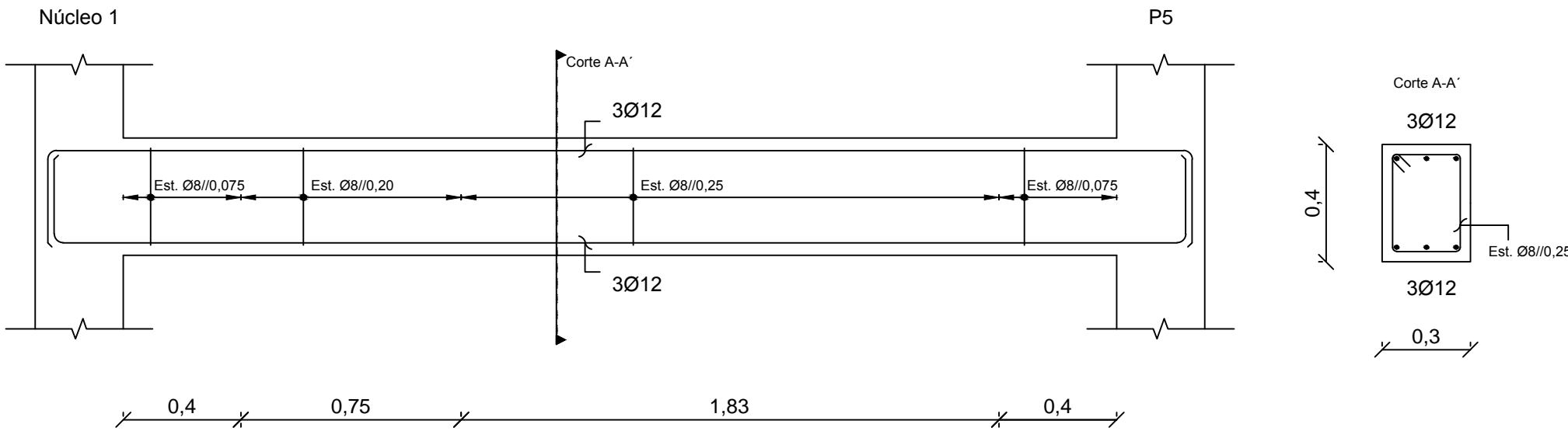
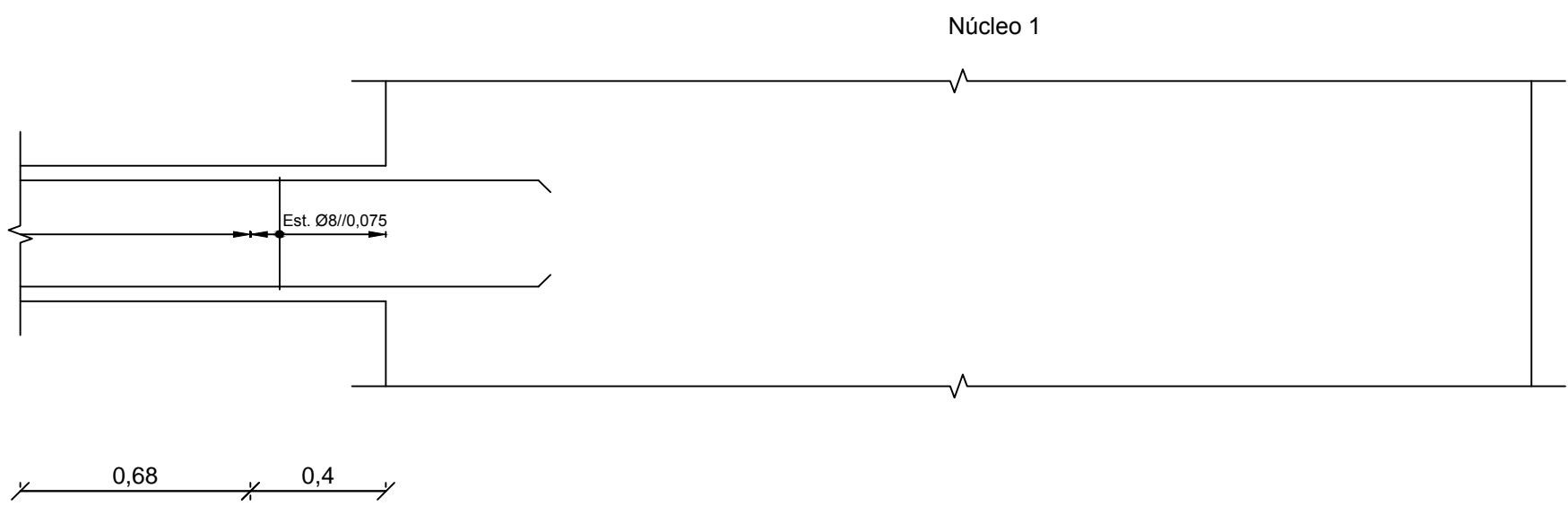
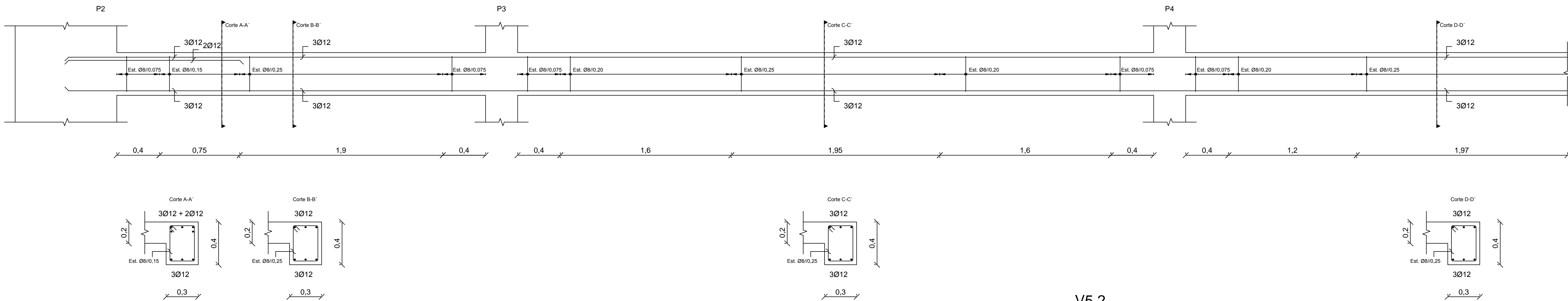
29

Formato A1

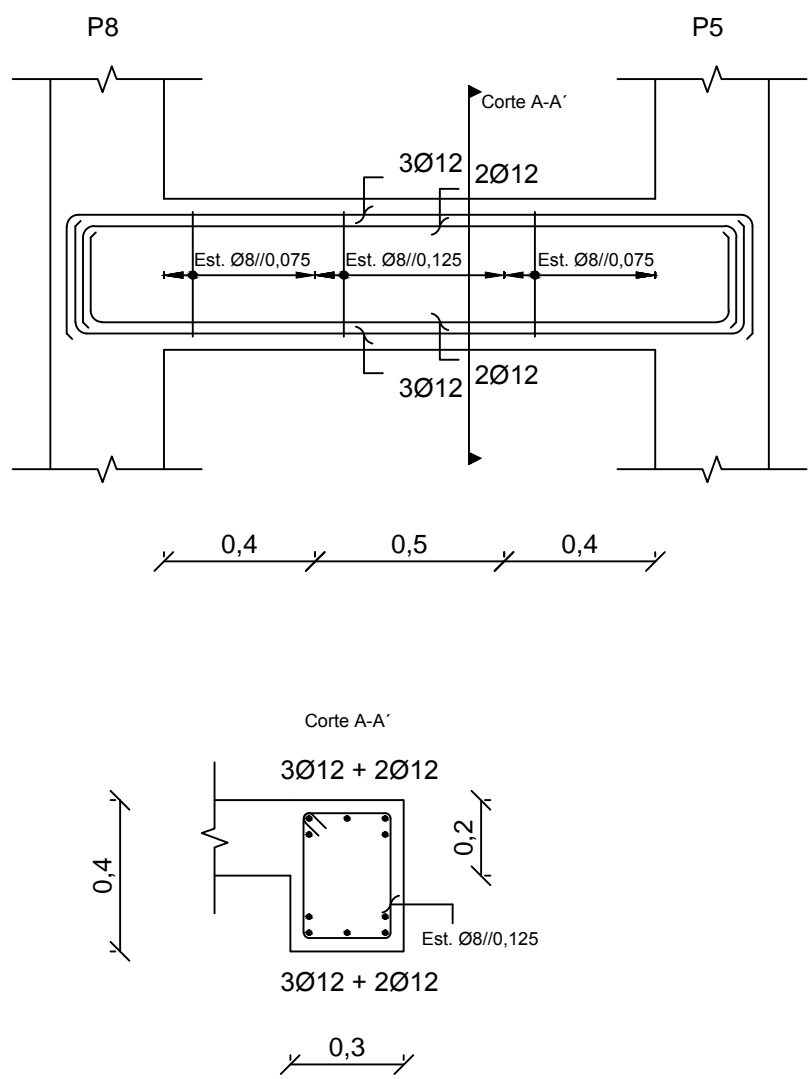
V2.2=V2.3

V3.2=V3.3

V4.2=4.3



V6.2



MATERIAIS

BETÃO:

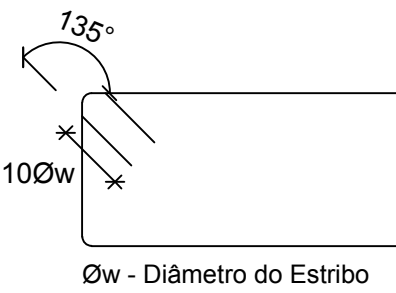
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (l<sub>bd</sub>) e comprimento de emenda (l<sub>o</sub>)

| Varão | l <sub>bd</sub> | l <sub>o</sub> |
|-------|-----------------|----------------|
| Ø8    | 0,30            | 0,65           |
| Ø10   | 0,40            | 0,80           |
| Ø12   | 0,45            | 0,95           |
| Ø16   | 0,60            | 1,25           |
| Ø20   | 0,75            | 1,60           |
| Ø25   | 0,95            | 1,95           |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

DESENHO N.º

Vigas 13/29

30

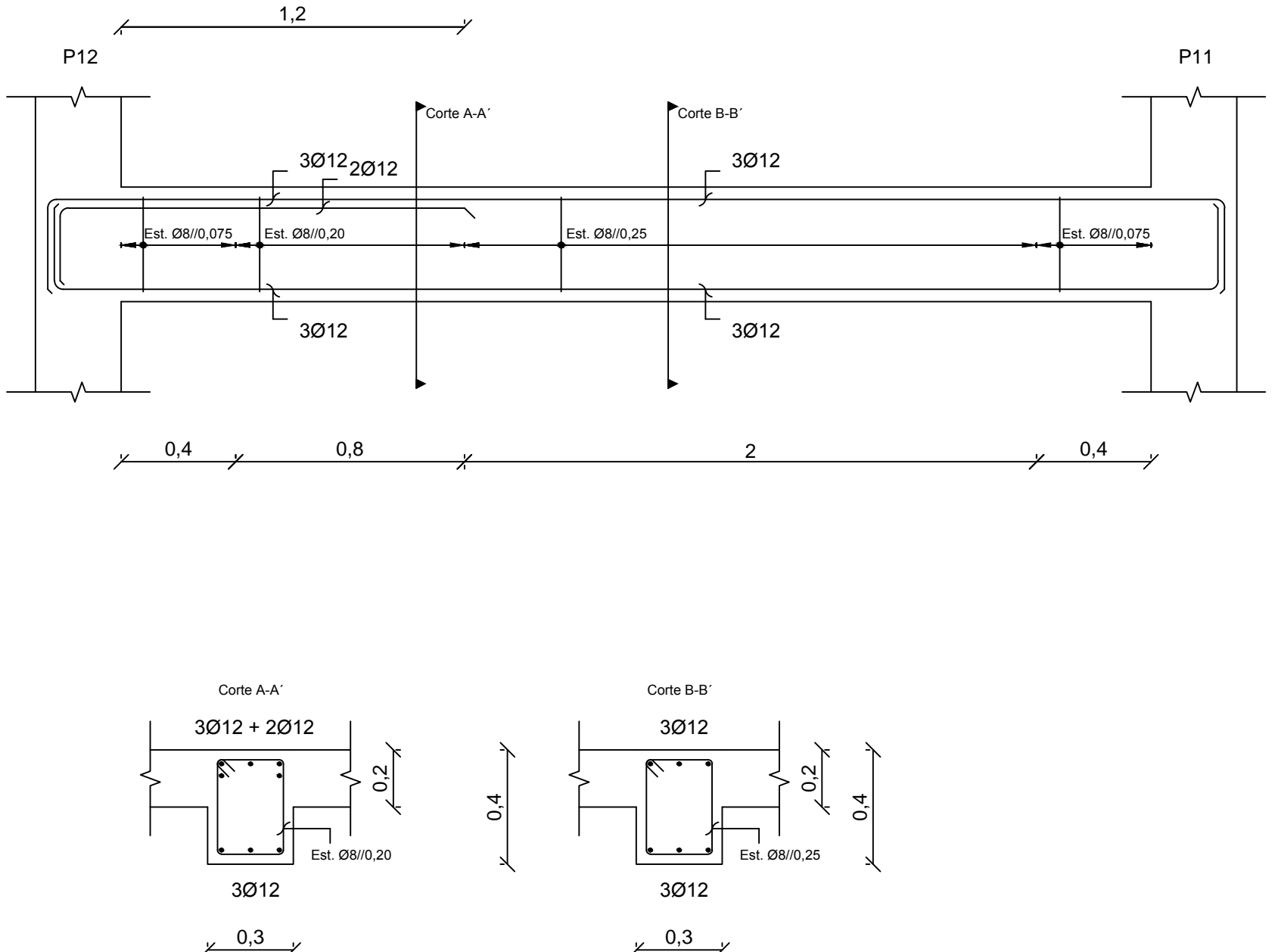
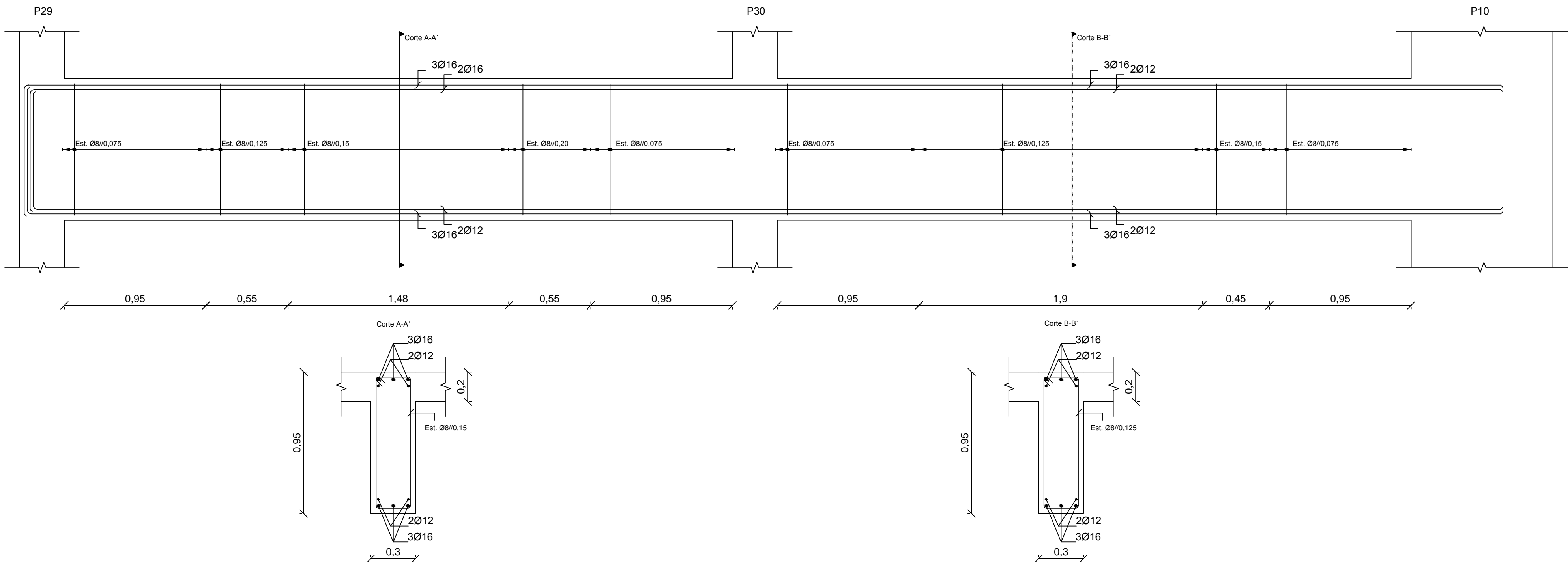
Dezembro de 2014

Formato A1

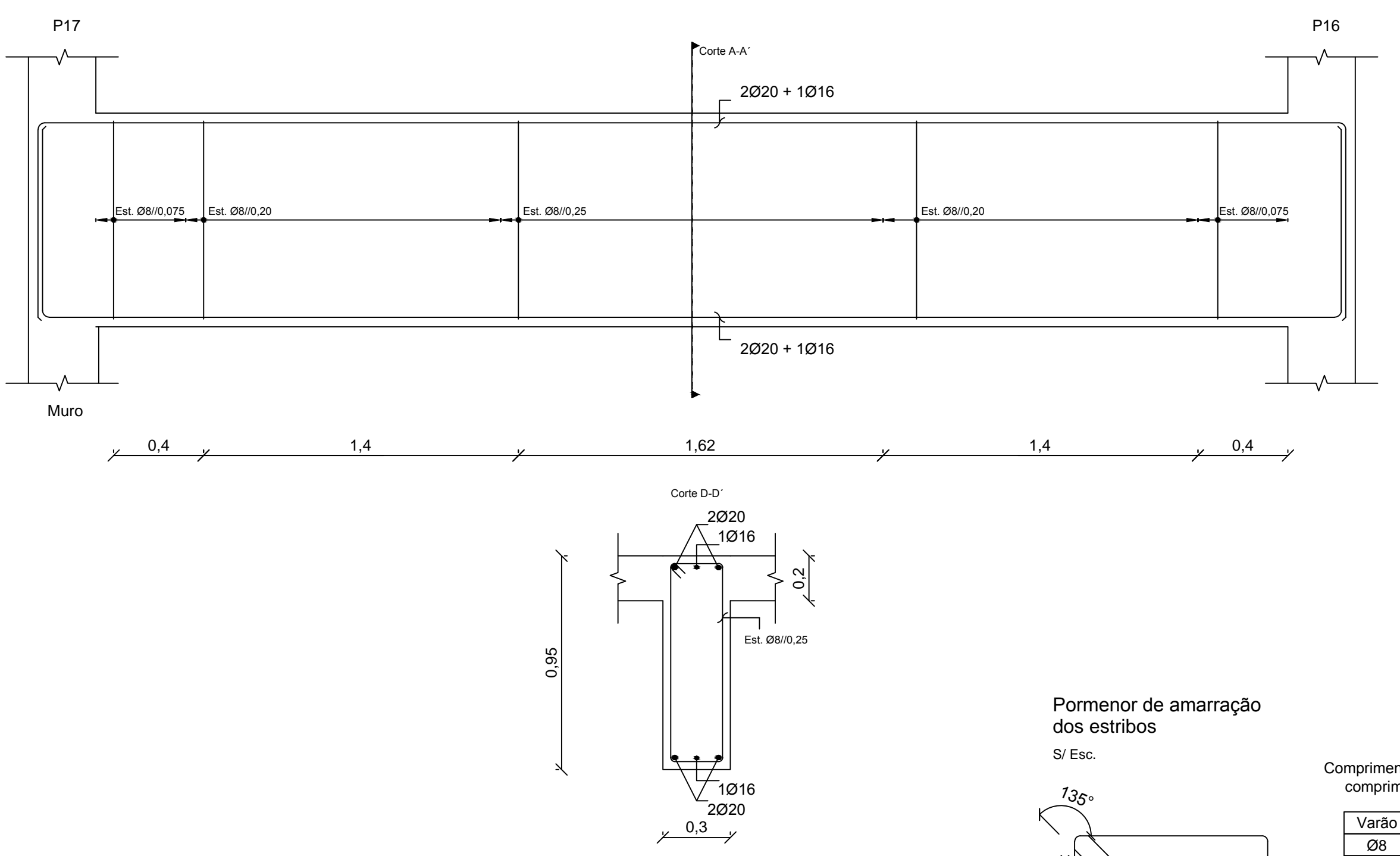
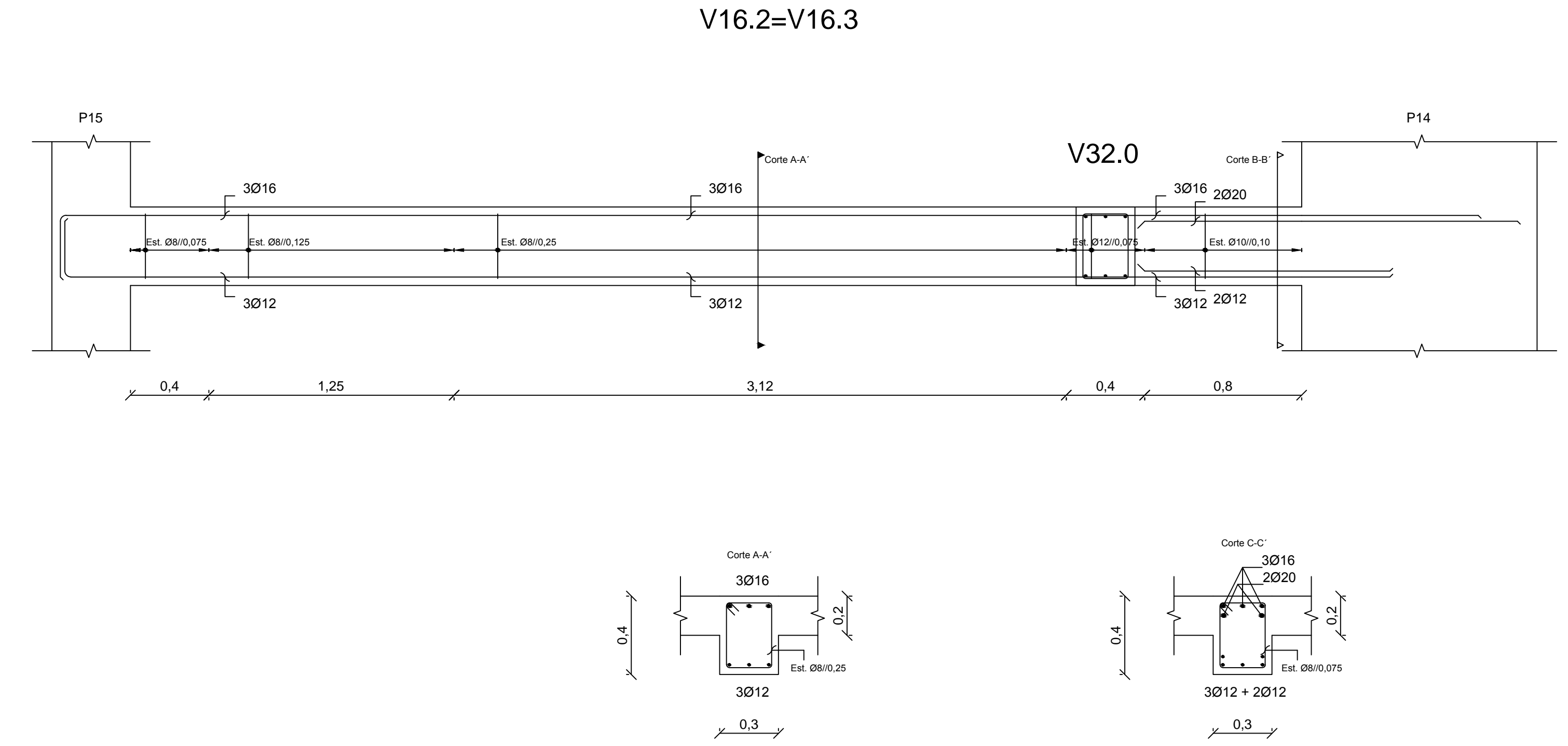
V11.2

V10.2

V15.2=V15.3



V18.2=V18.3=V18.4



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

Øw - Diâmetro do Estribo


MATERIAIS

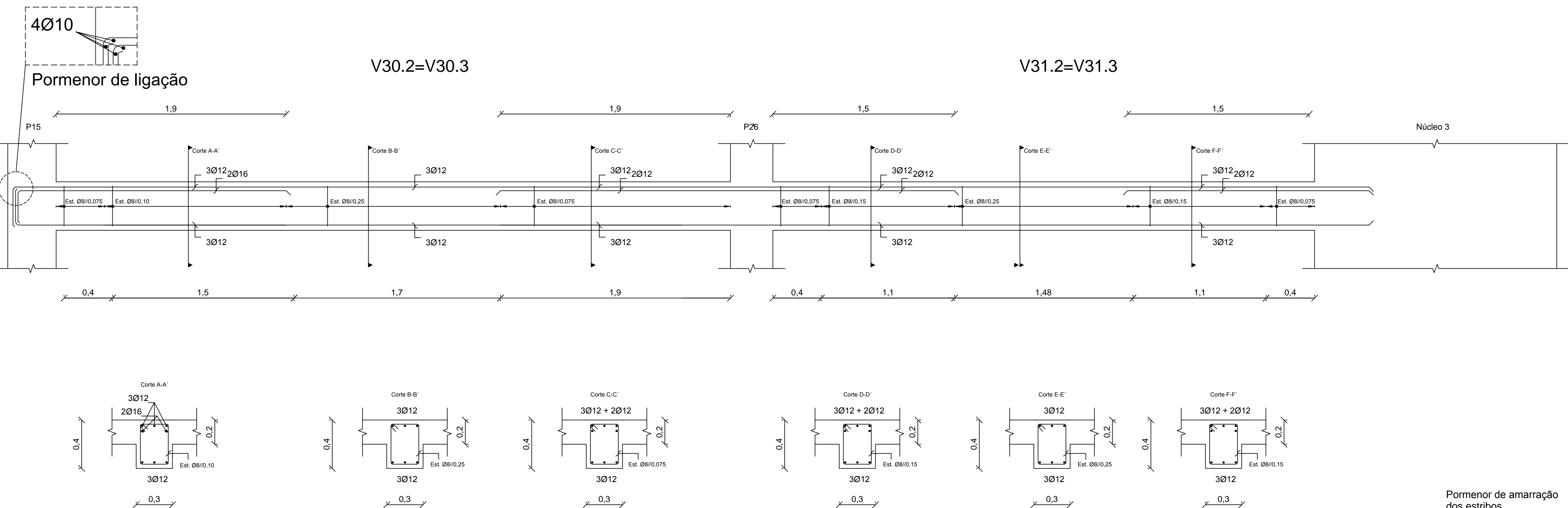
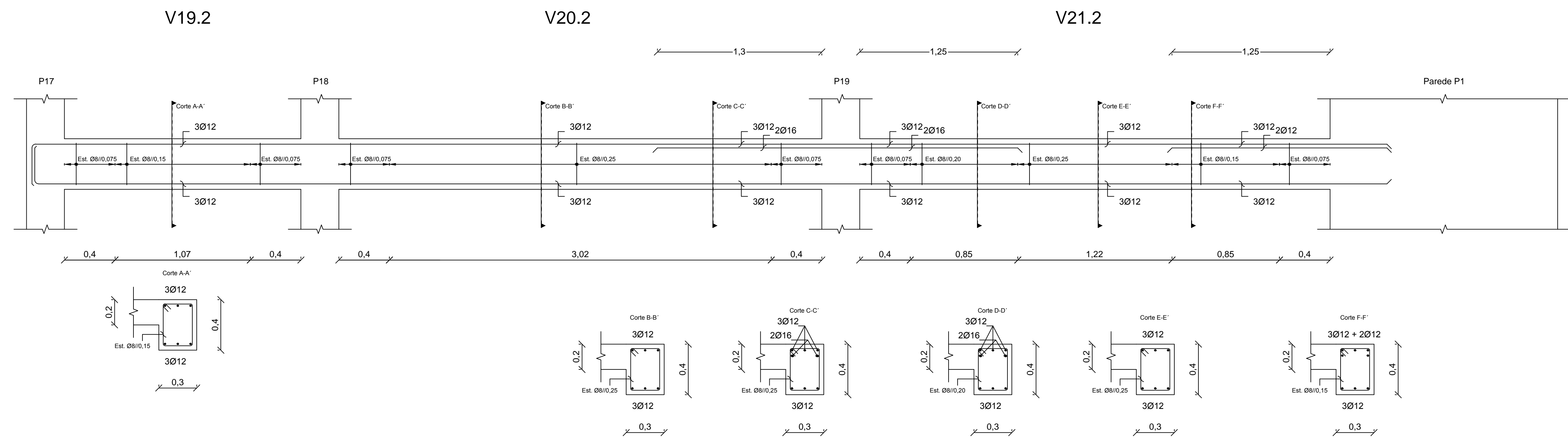
BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

|   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
|  <b>ISEL</b><br>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |                            |
|   | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO |
|   | Dezembro de 2014   | ESCALA 1/20                |
| Betão Armado<br>Vigas 14/29   |  | DESENHO N.º<br>31          |
|   |  | Formato A1                 |



## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

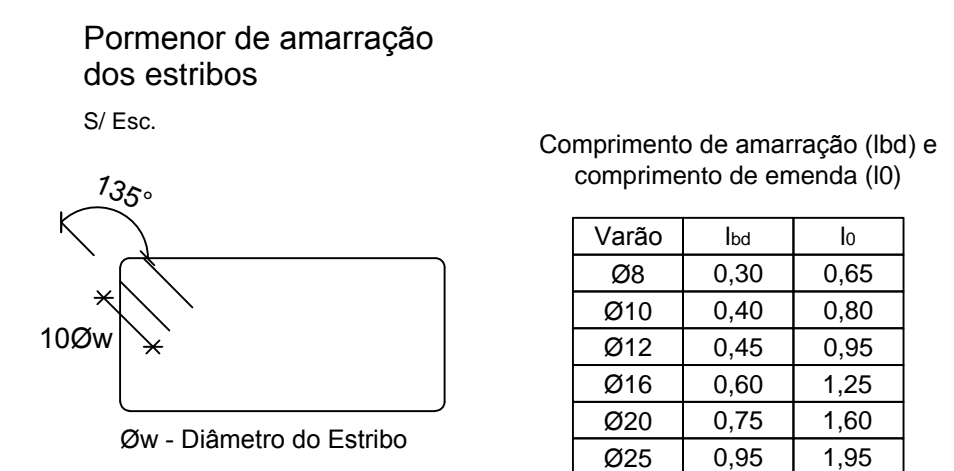
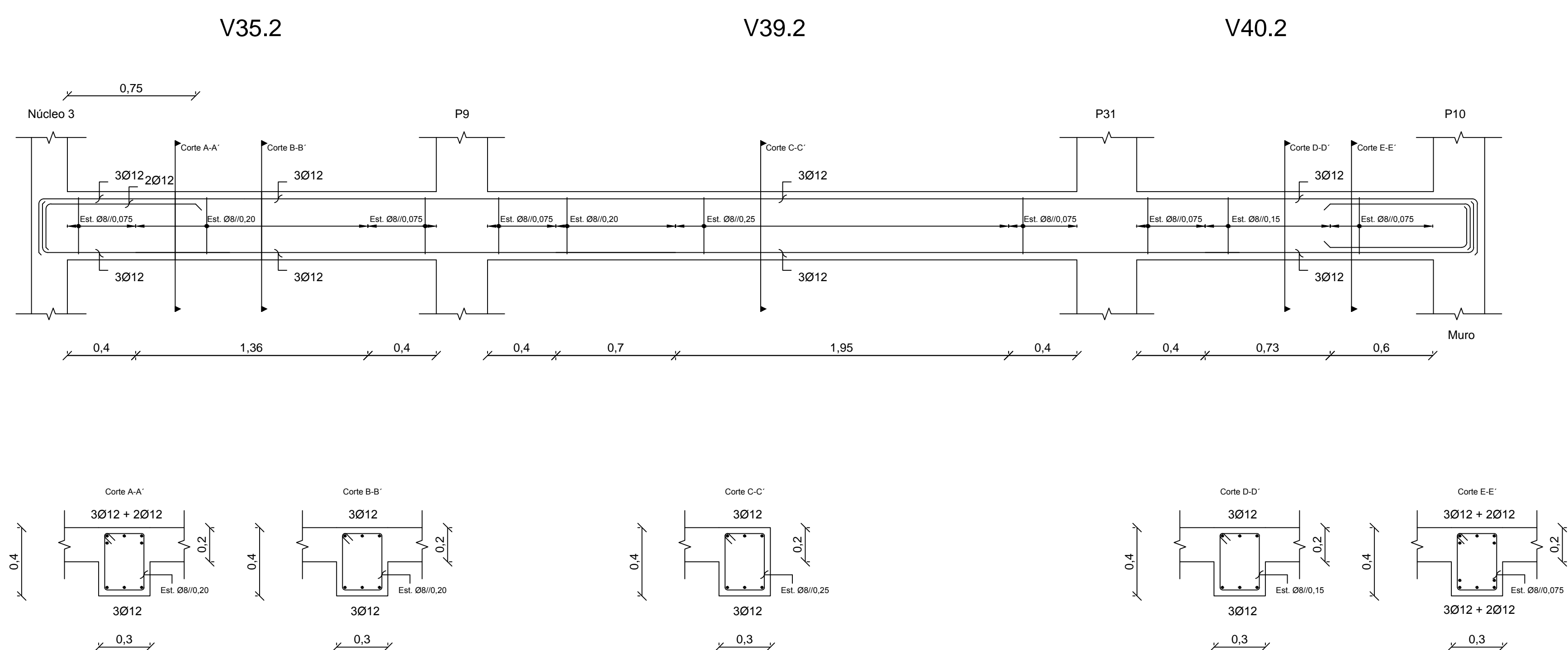
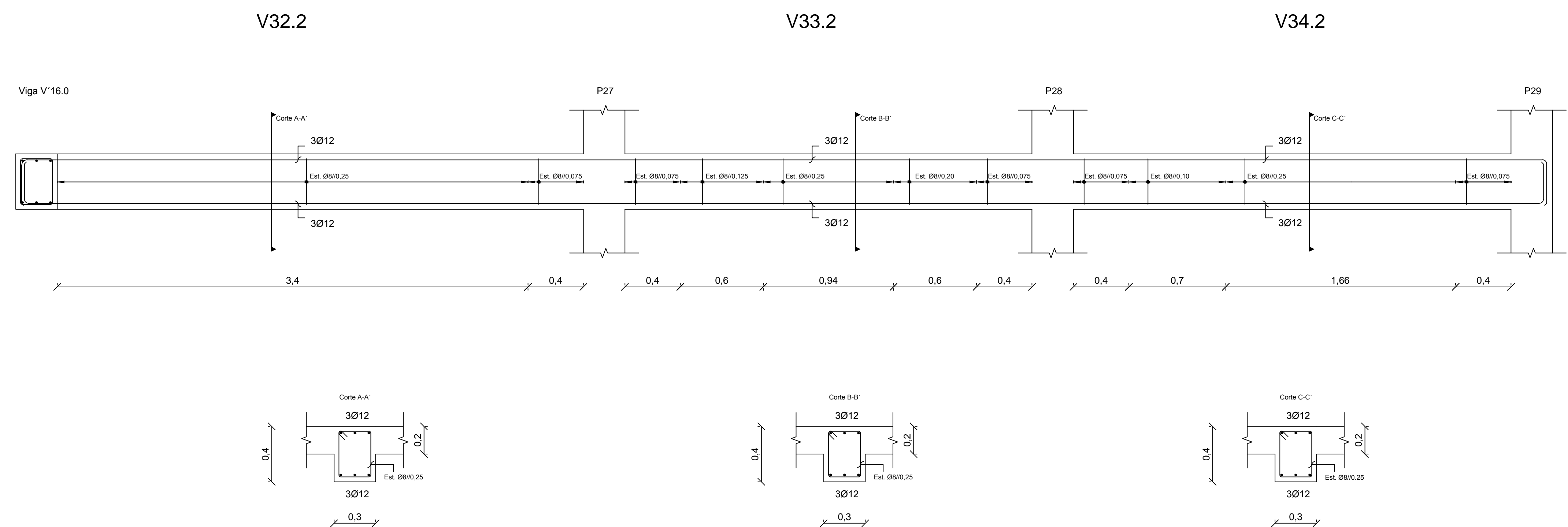
Betão Armado

Vigas 15/29

DESENHO N.º

32

Formato A1




MATERIAIS

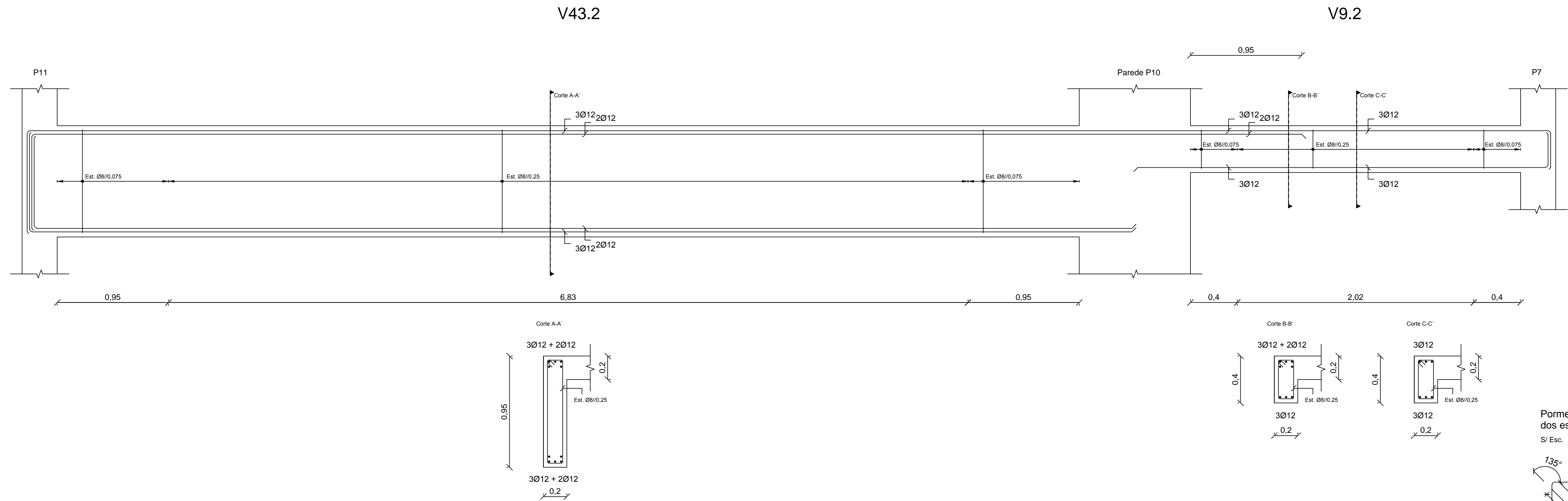
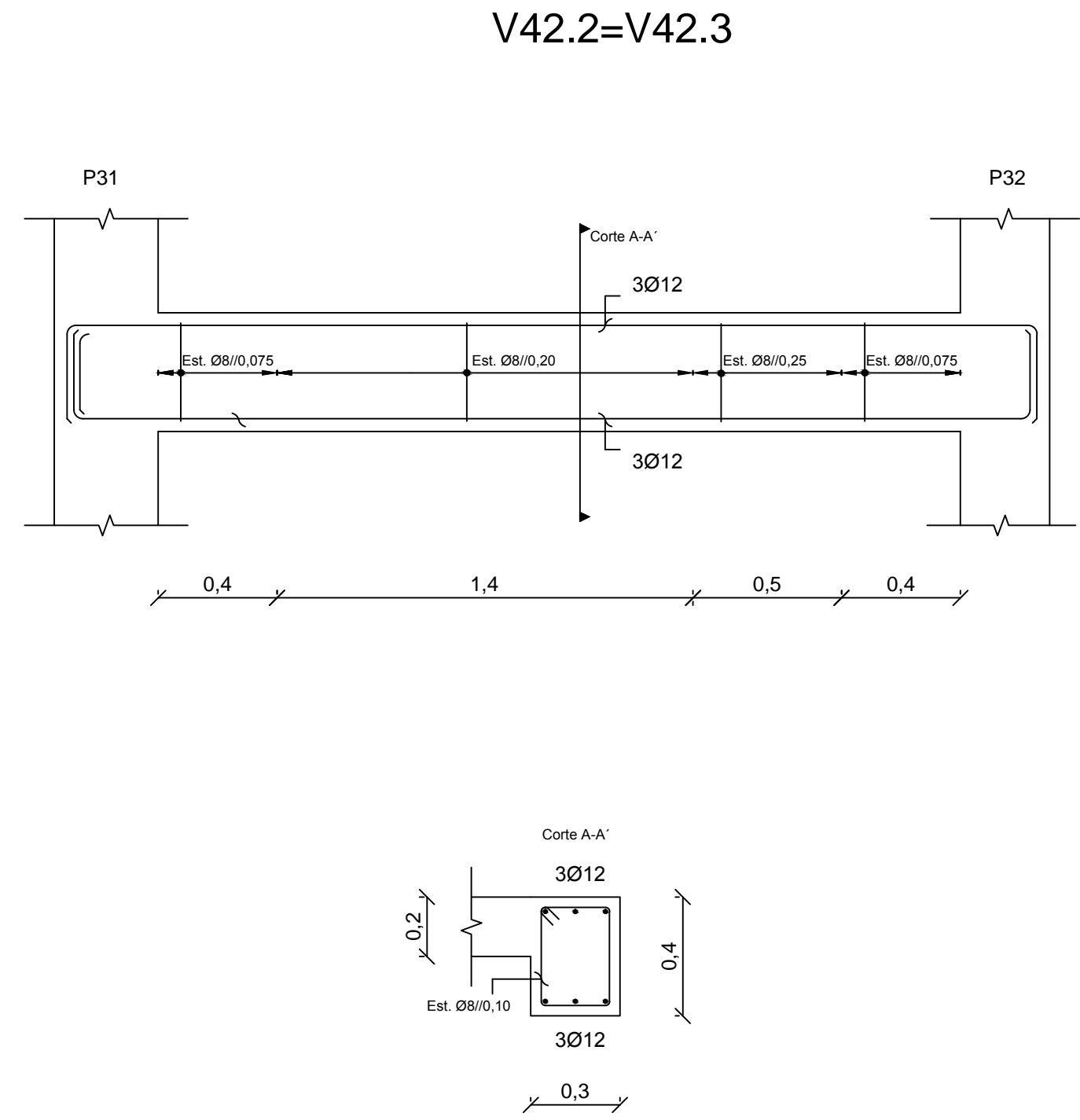
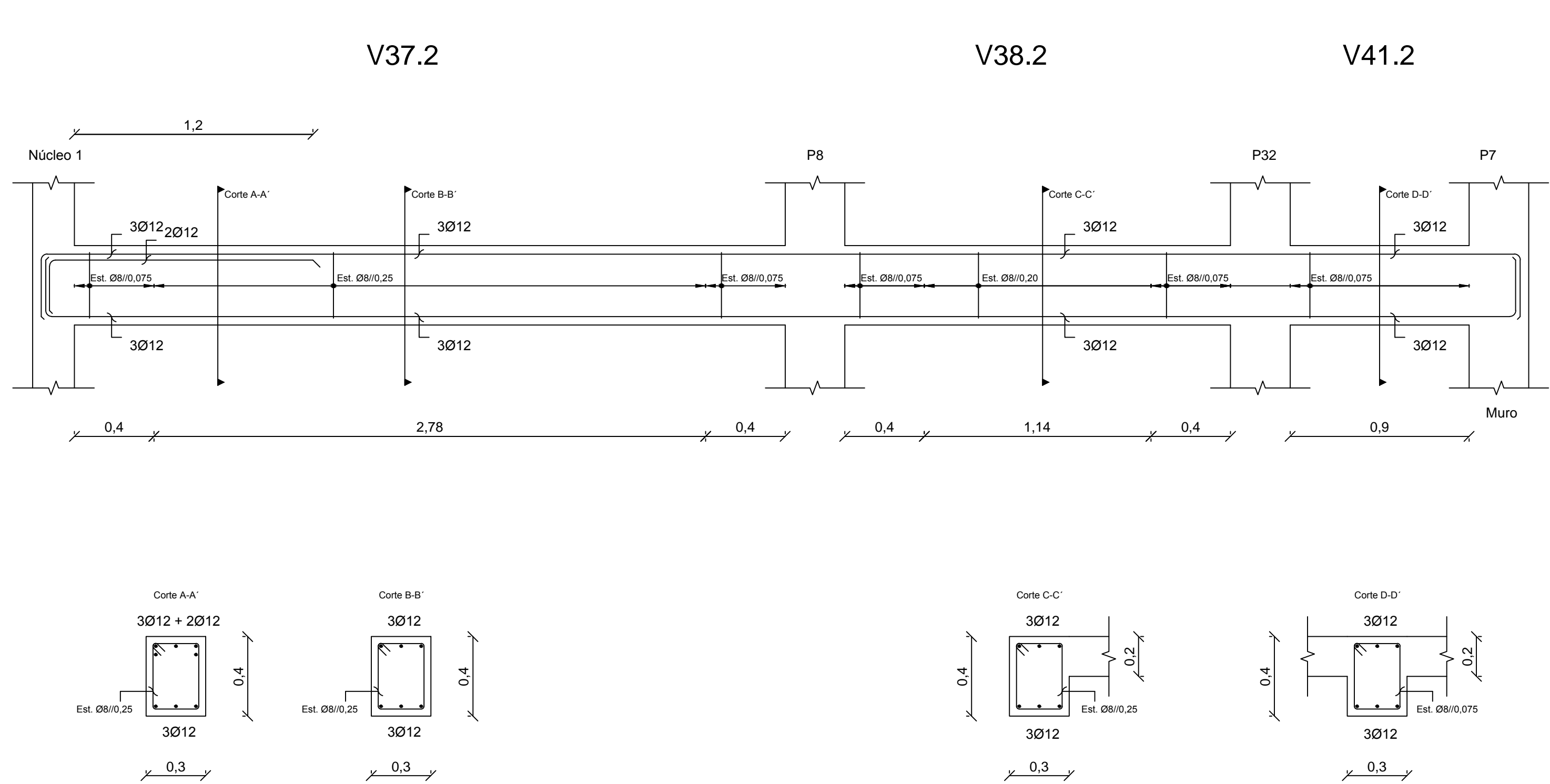
**BETÃO:**

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) Cl0.20 Dmax20 S4 c=45

**AÇO:**

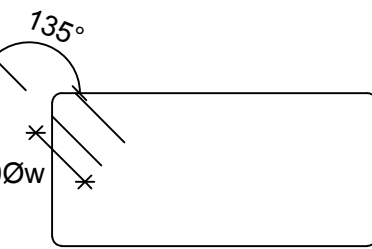
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <b>ISEL</b><br><small>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</small> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |  |
|  | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO<br>ESCALA 1/20                      |
|  | Dezembro de 2014   | Betão Armado<br>Vigas 16/29<br>DESENHO N.º<br>33<br>Formato A1 |



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 17/29

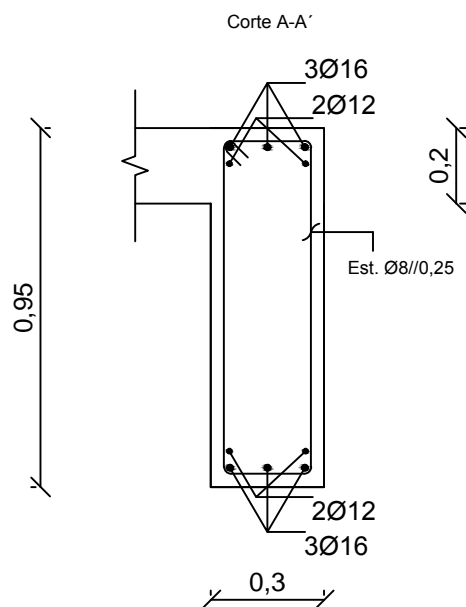
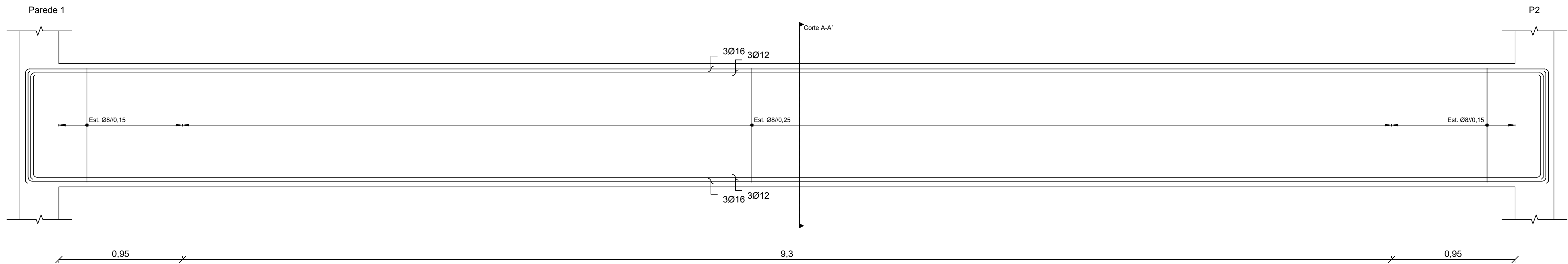
DESENHO N.º

34

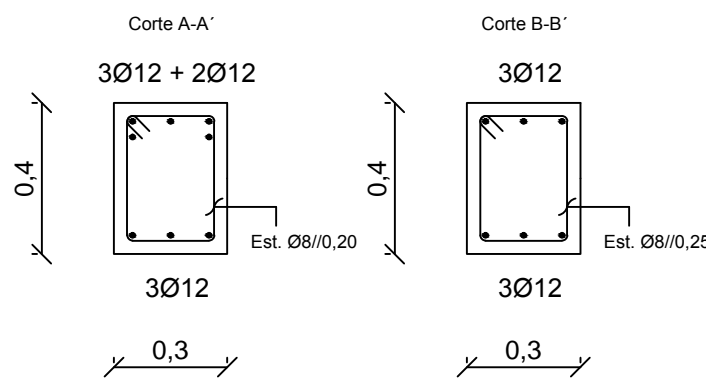
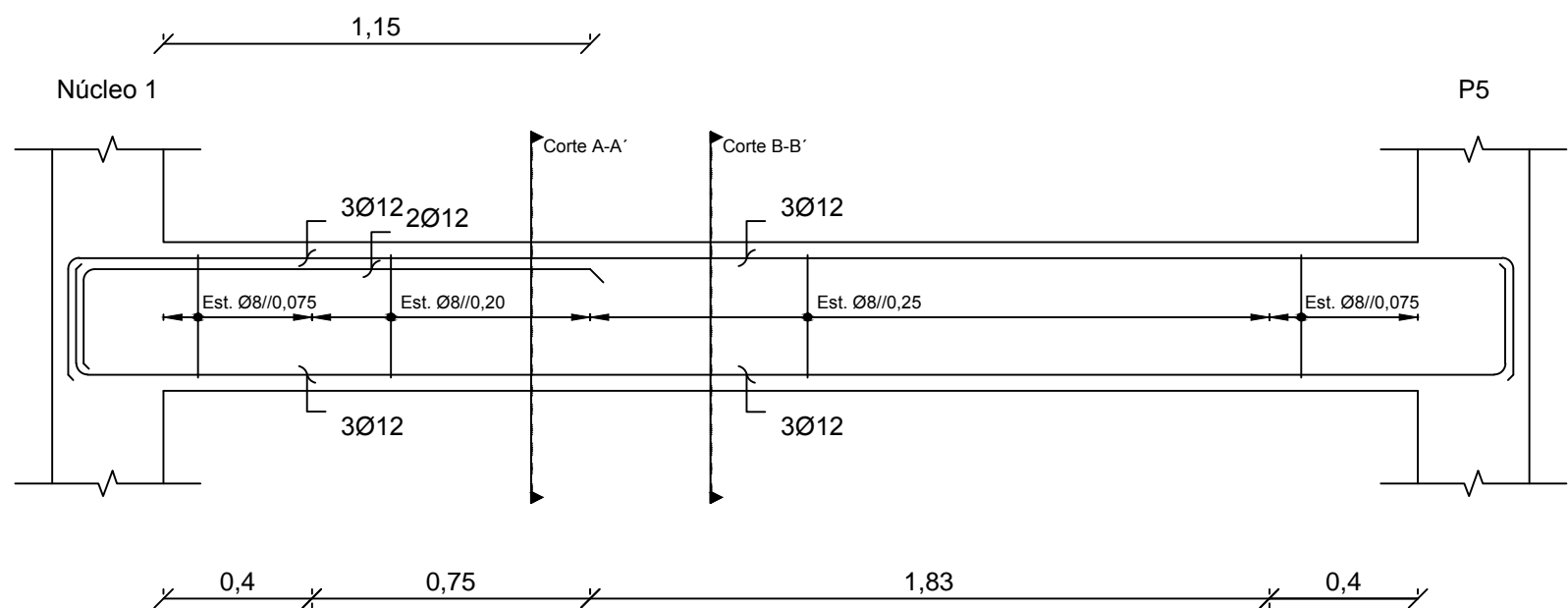
Formato A1



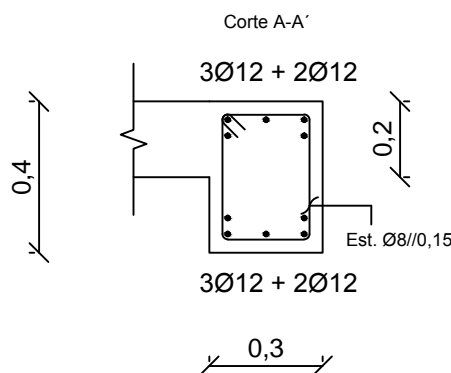
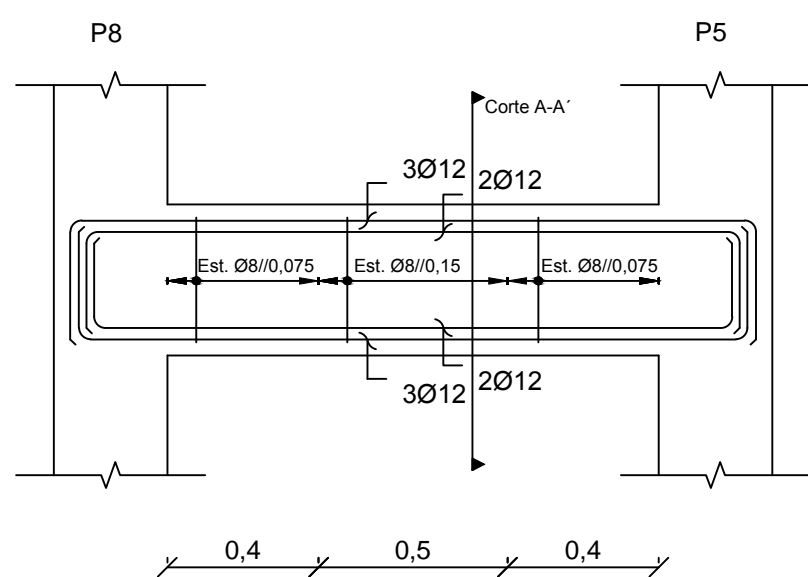
V1.3=V1.4



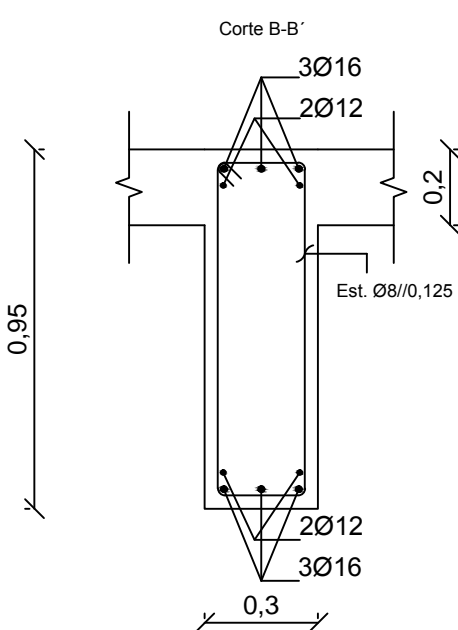
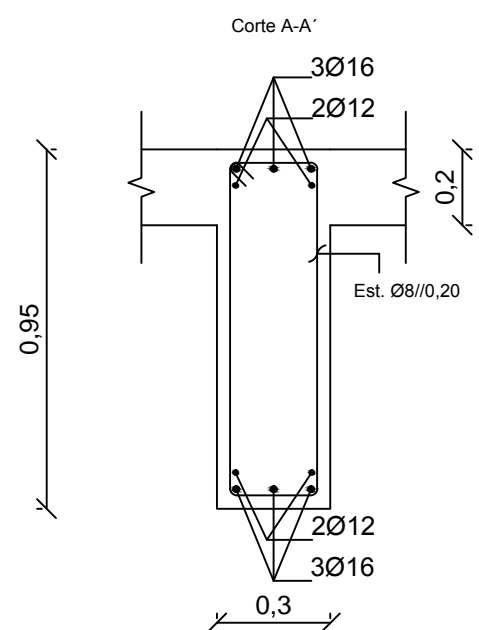
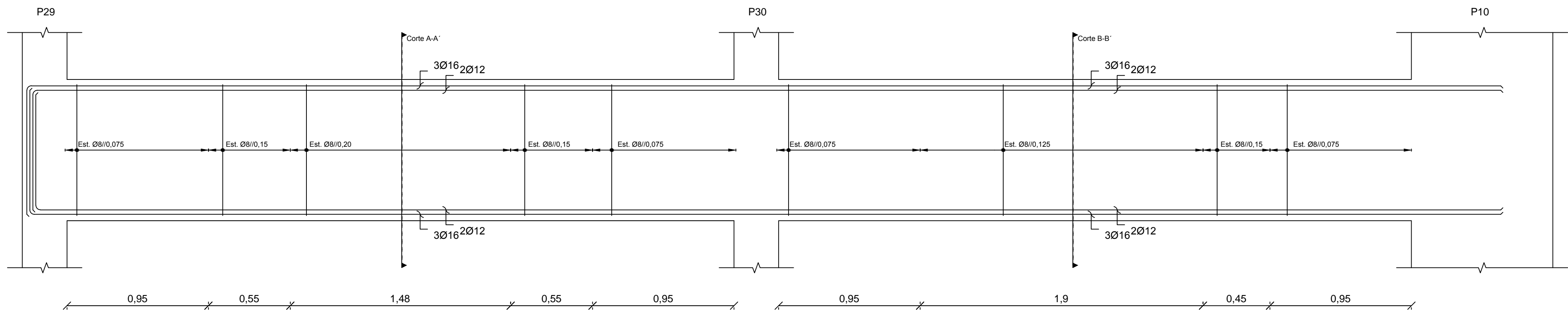
V5.3



V6.3

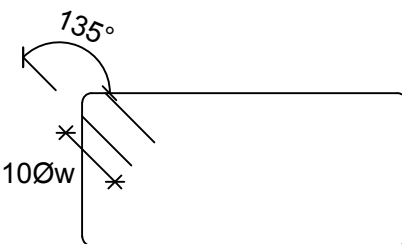


V11.3



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

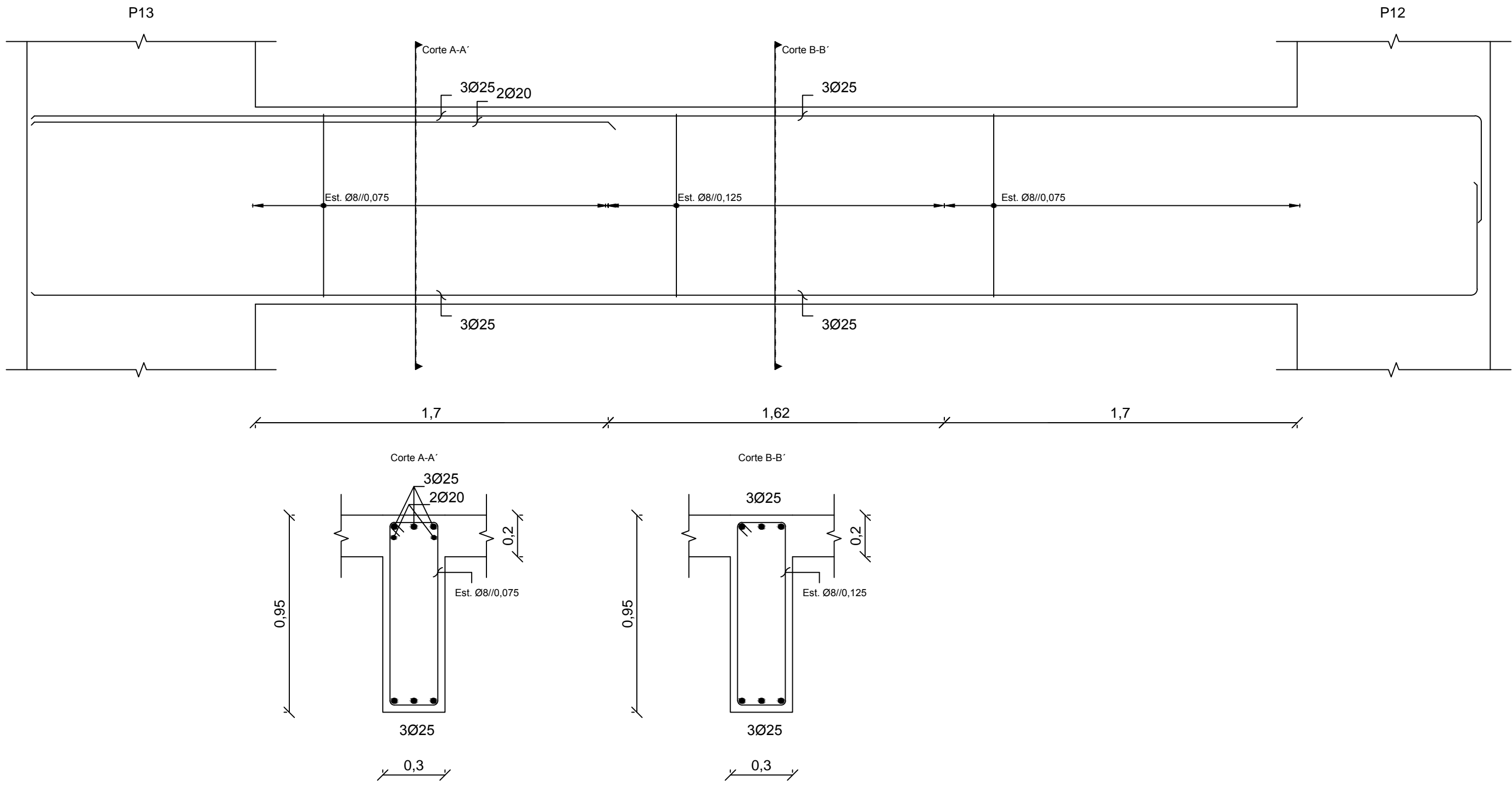
Vigas 18/29

DESENHO N.º

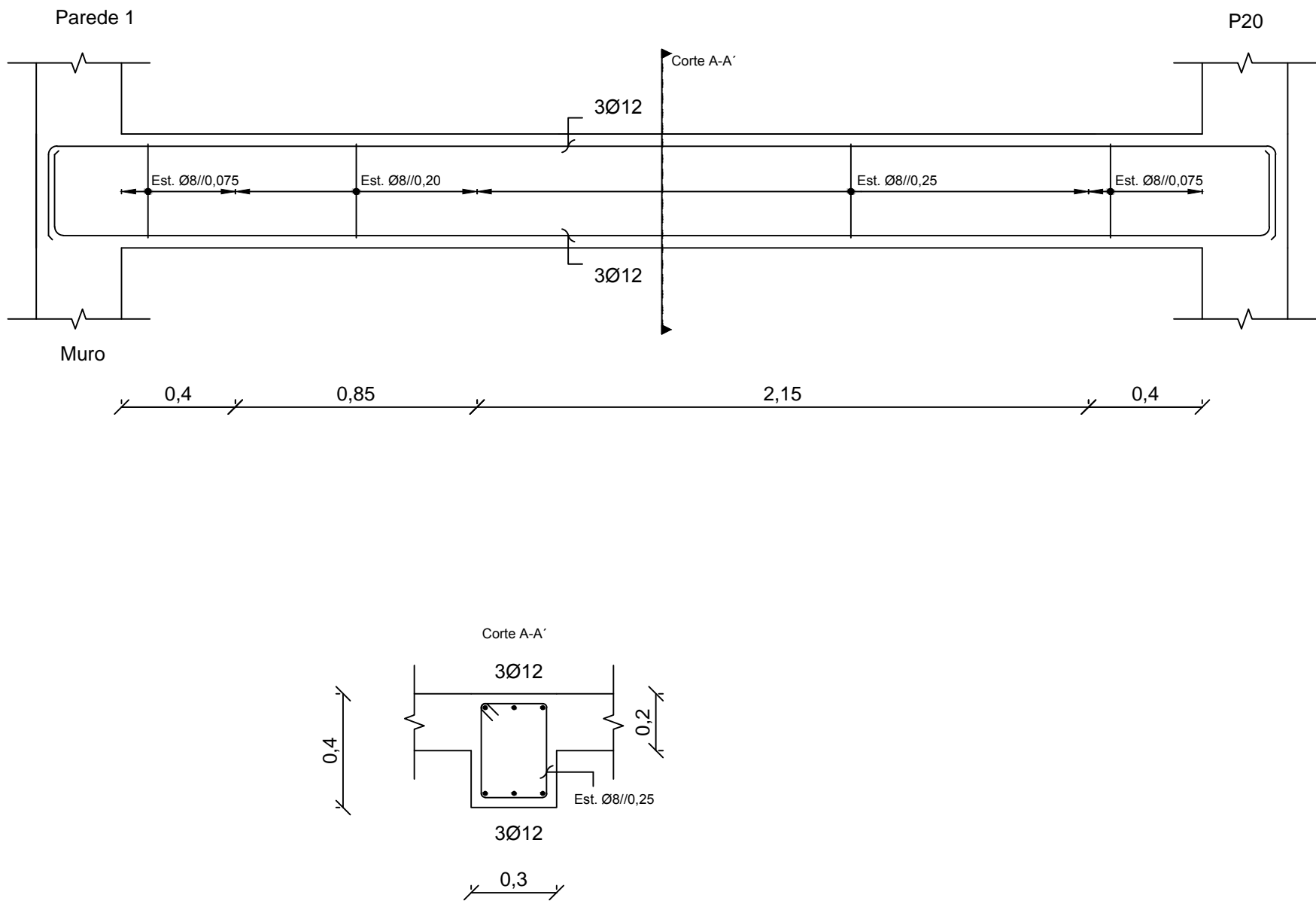
35

Formato A1

V14.3



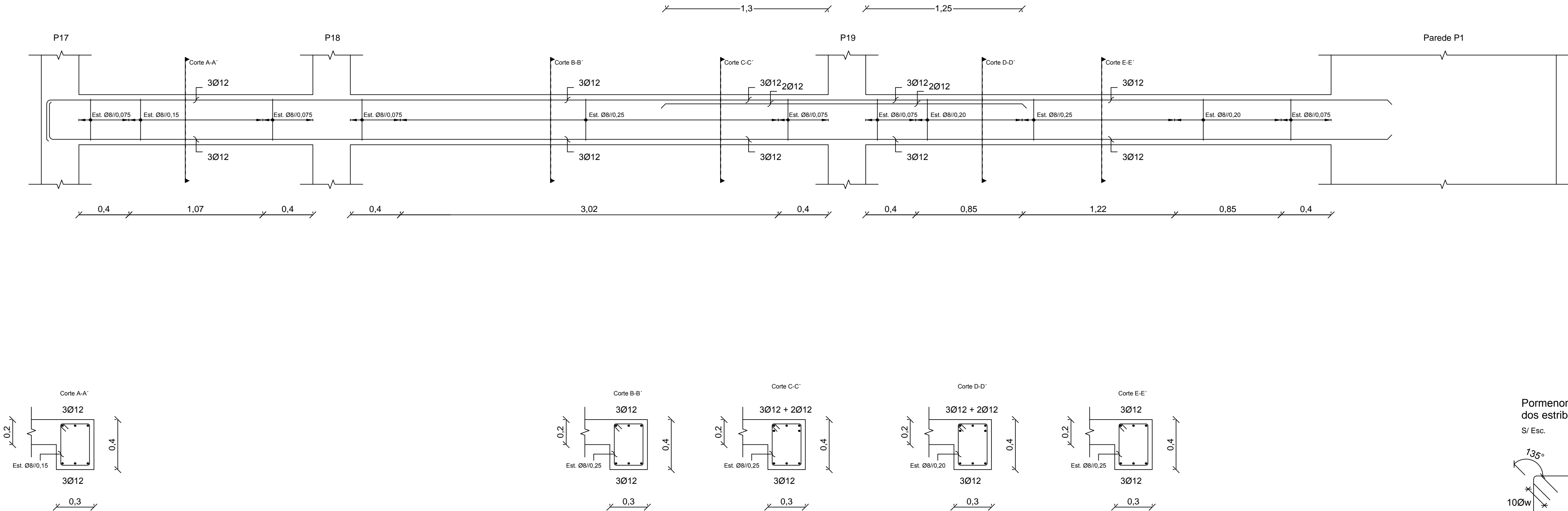
V22.3



V19.3

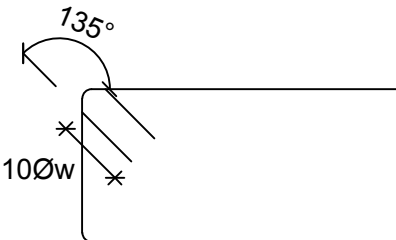
V20.3

V21.3



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 19/29

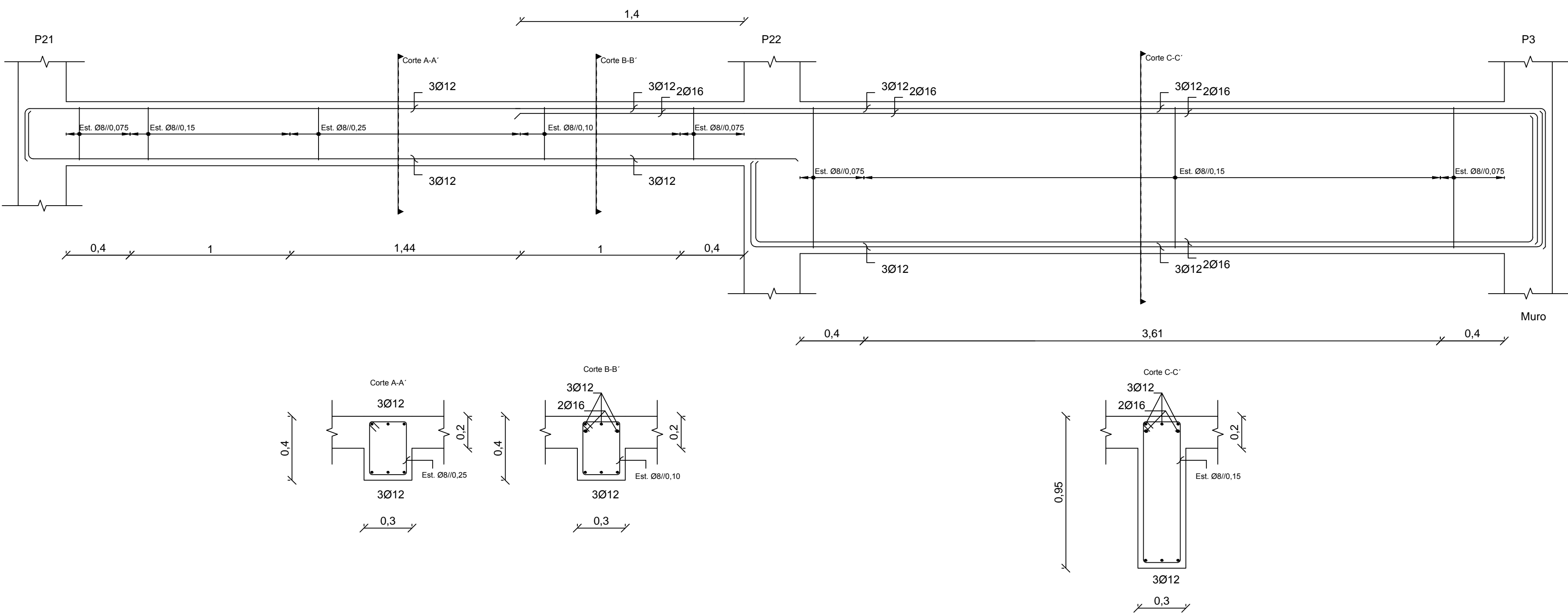
DESENHO N.º

36

Formato A1

V24.3

V25.3

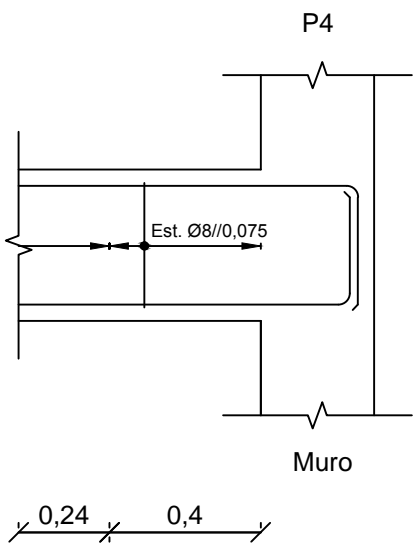
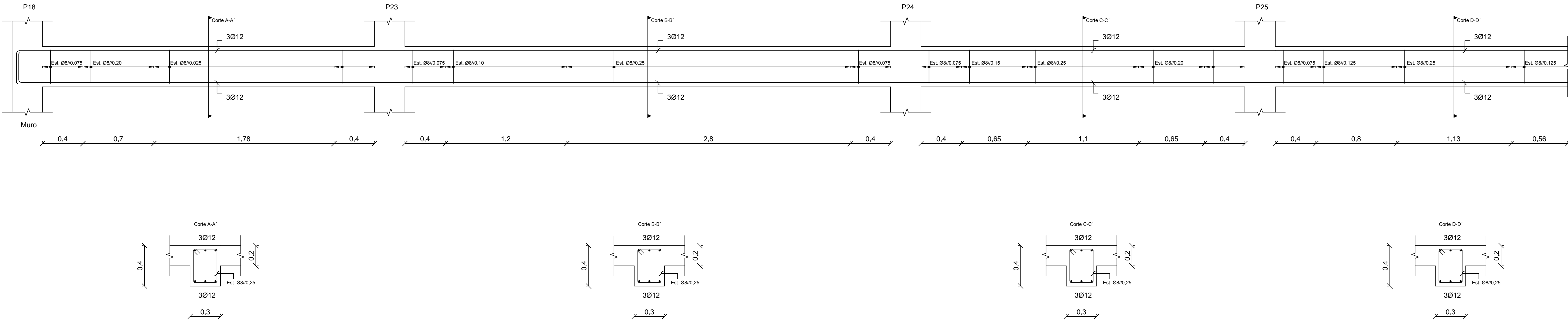


V26.3

V27.3

V28.3

V29.3



MATERIAIS

BETÃO:

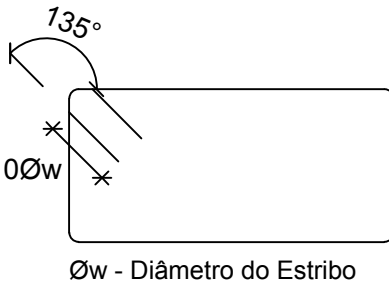
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

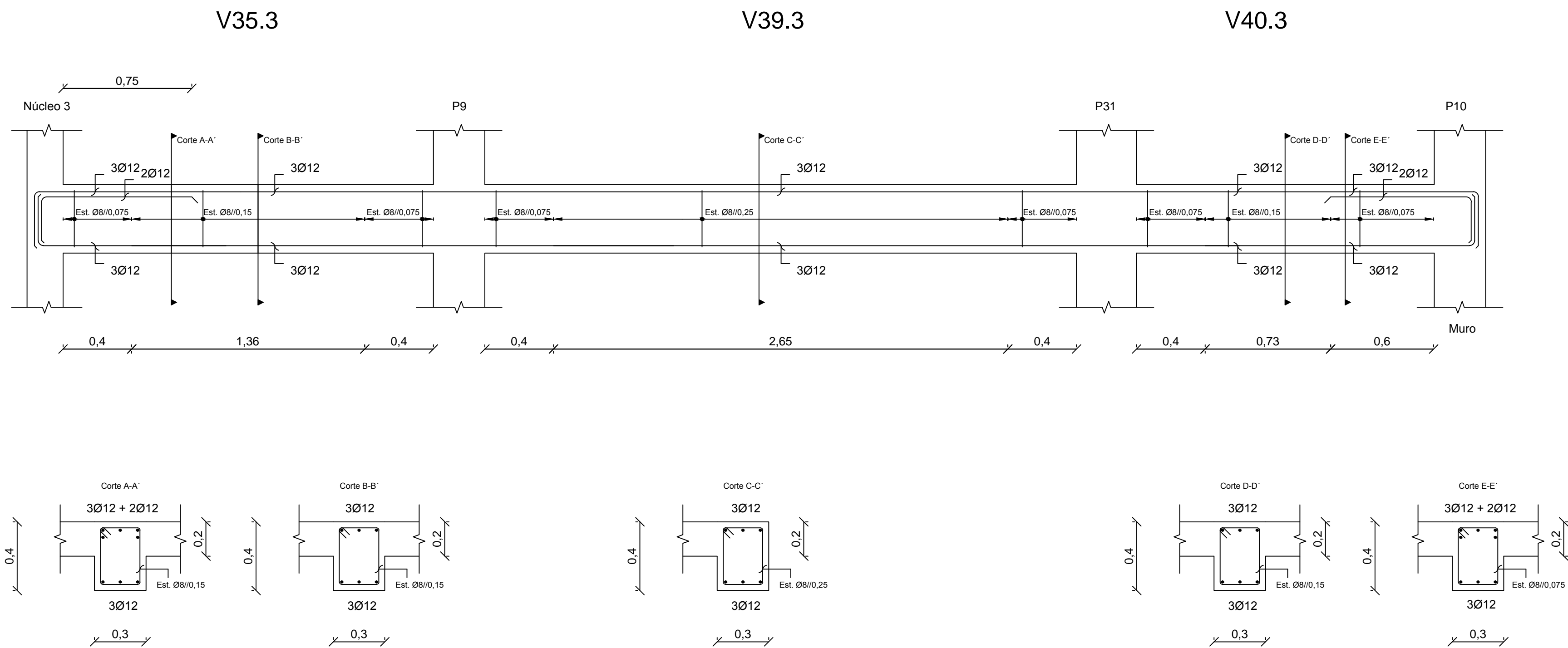
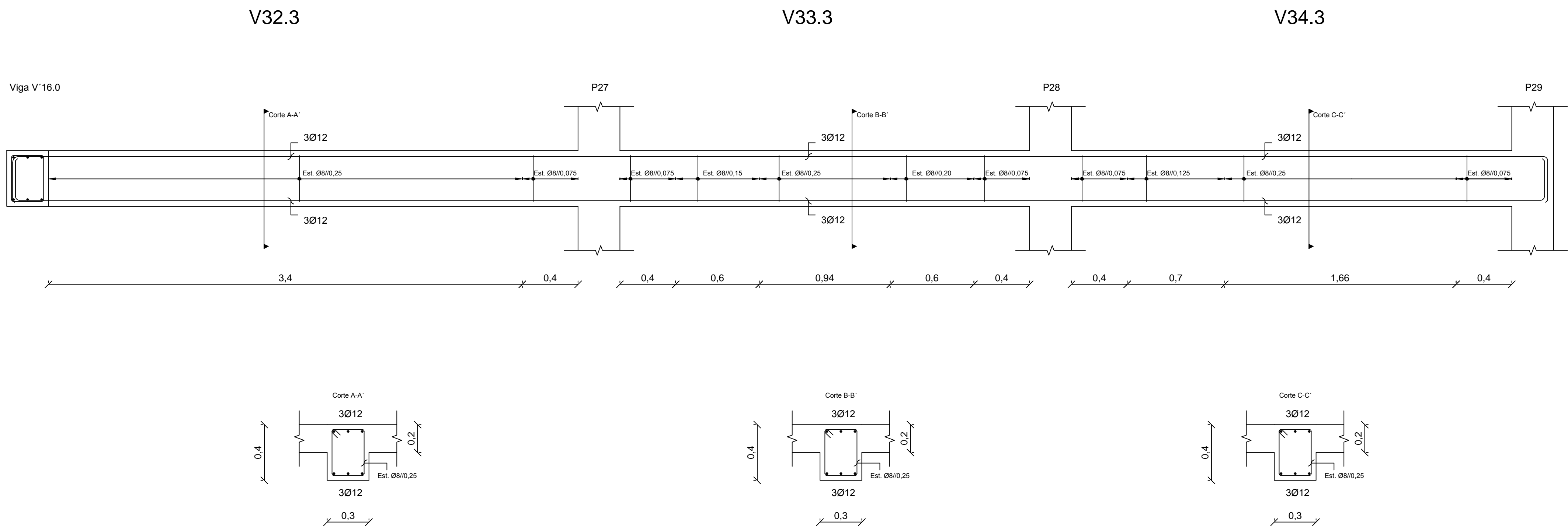
Betão Armado

Vigas 20/29

DESENHO N.º

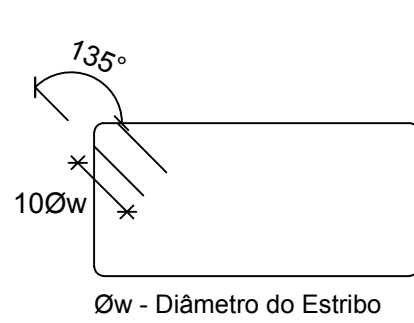
37

Formato A1



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.



Øw - Diâmetro do Estribo

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



**ISEL**

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

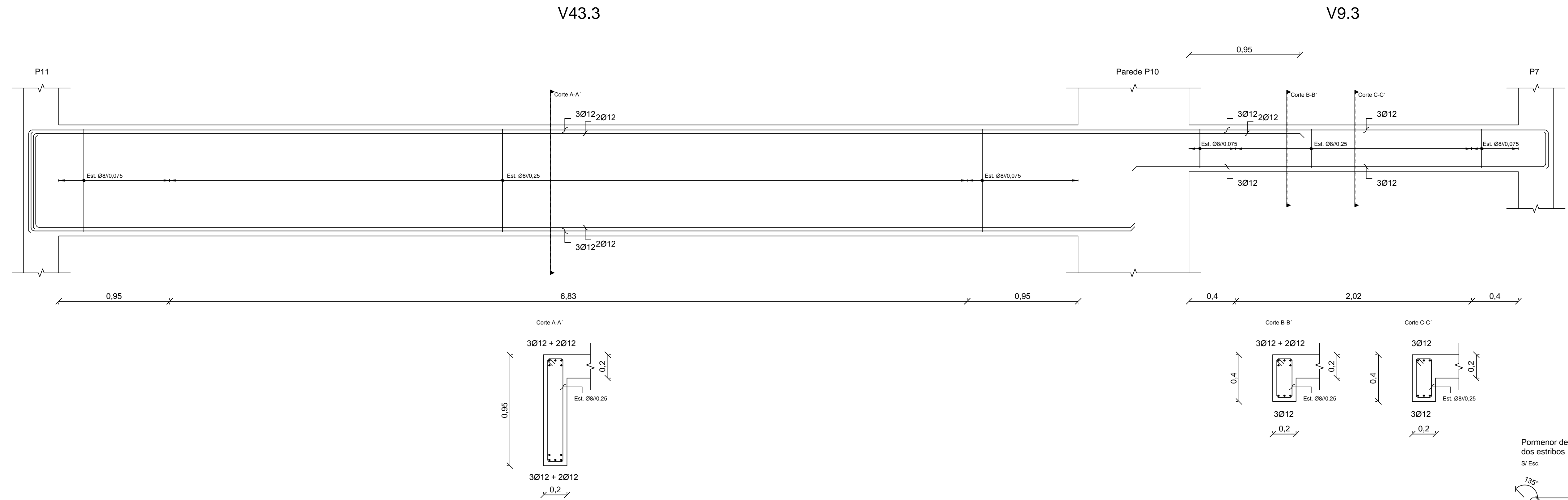
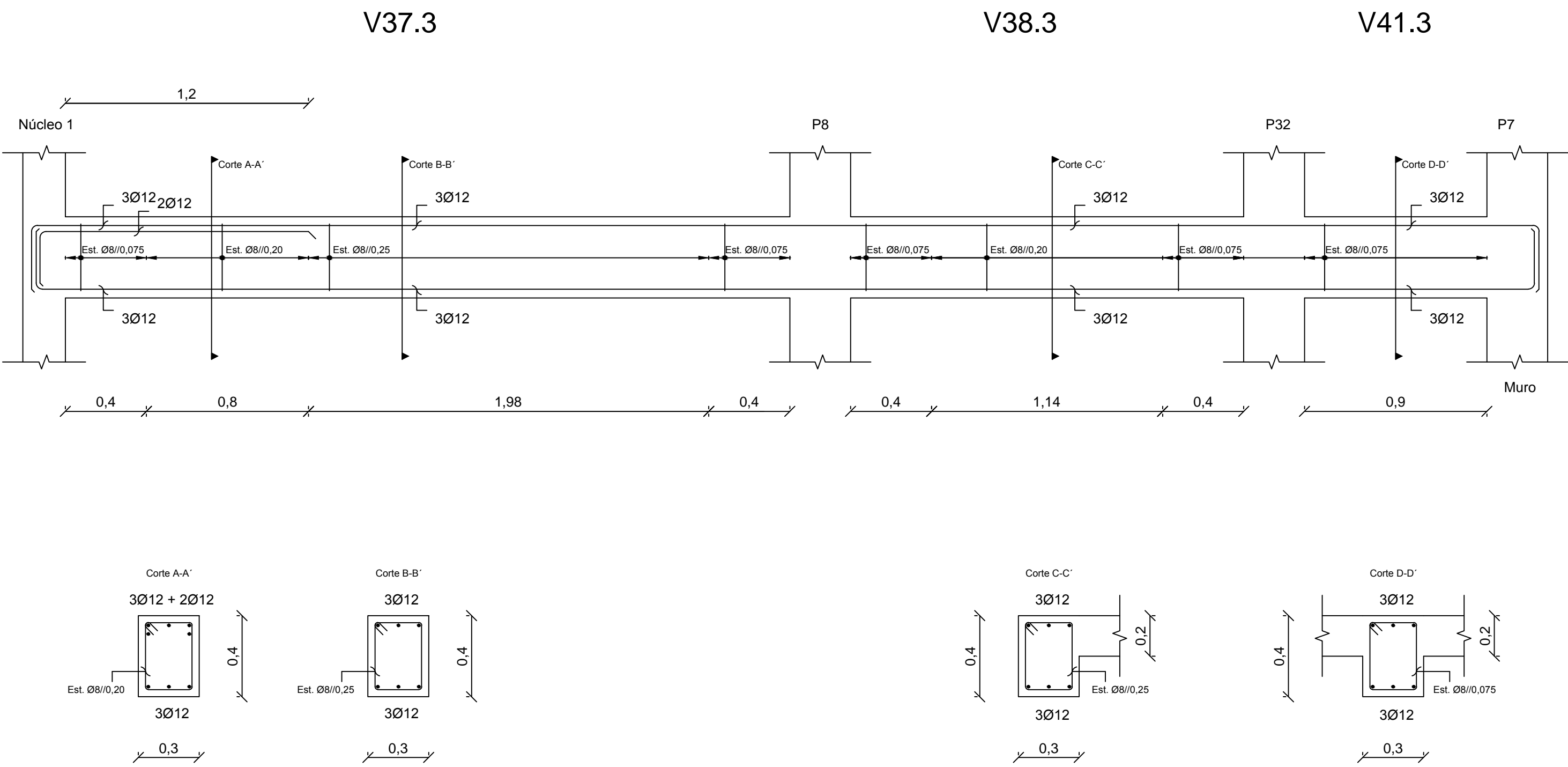
Betão Armado

Vigas 21/29

DESENHO N.º

38

Formato A1



Pormenor de amarração dos estribos  
S/ Esc.

Comprimento de amarração (l<sub>bd</sub>) e comprimento de emenda (l<sub>0</sub>)

| Varão | l <sub>bd</sub> | l <sub>0</sub> |
|-------|-----------------|----------------|
| Ø8    | 0,30            | 0,65           |
| Ø10   | 0,40            | 0,80           |
| Ø12   | 0,45            | 0,95           |
| Ø16   | 0,60            | 1,25           |
| Ø20   | 0,75            | 1,60           |
| Ø25   | 0,95            | 1,95           |

Øw - Diâmetro do Estribo

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

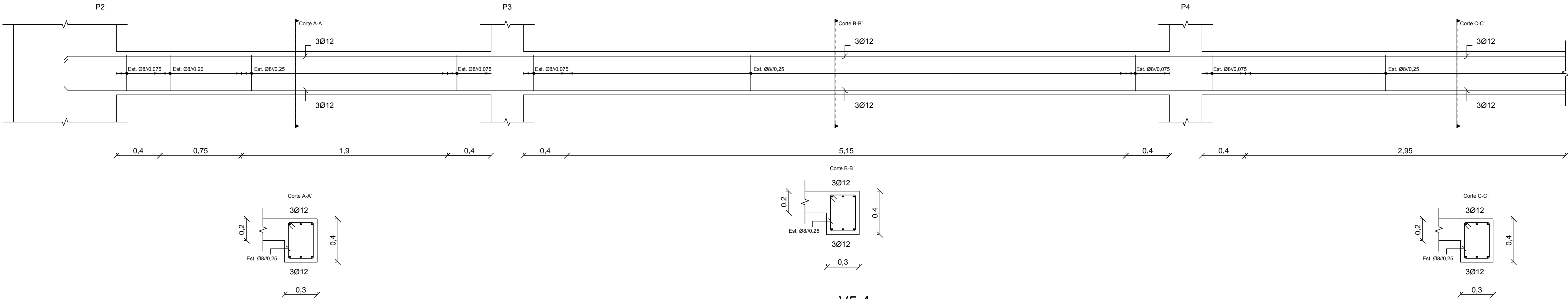
Vigas 22/29

DESENHO N.º

39

Formato A1

V2.4

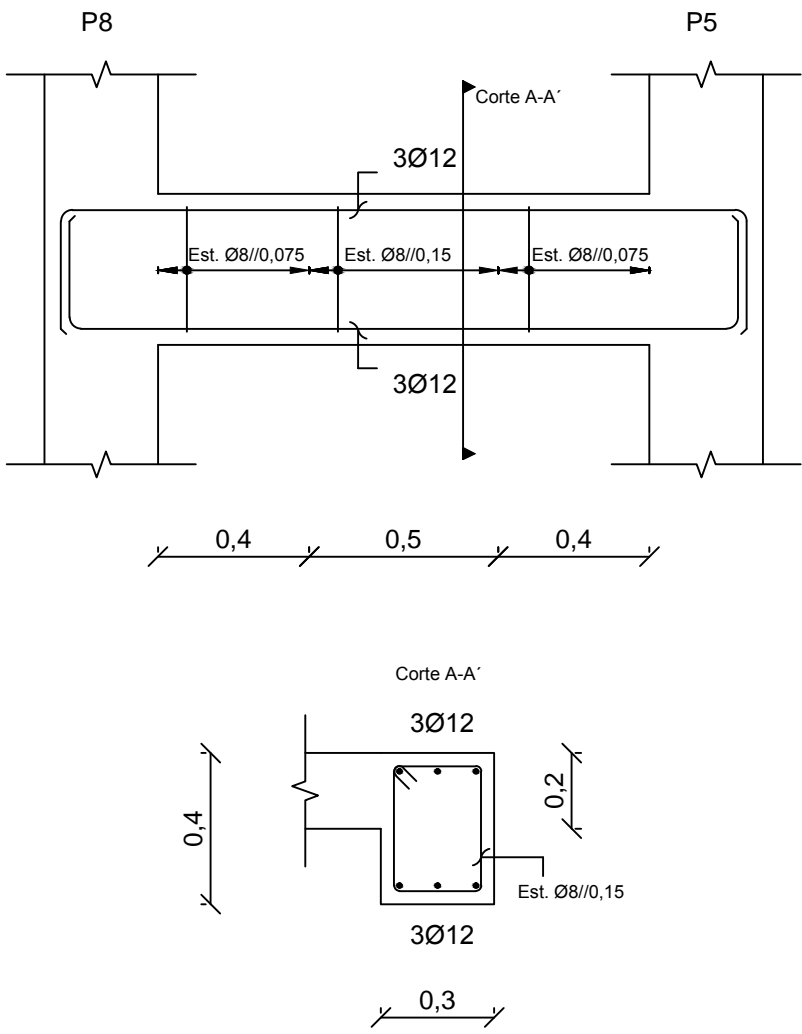
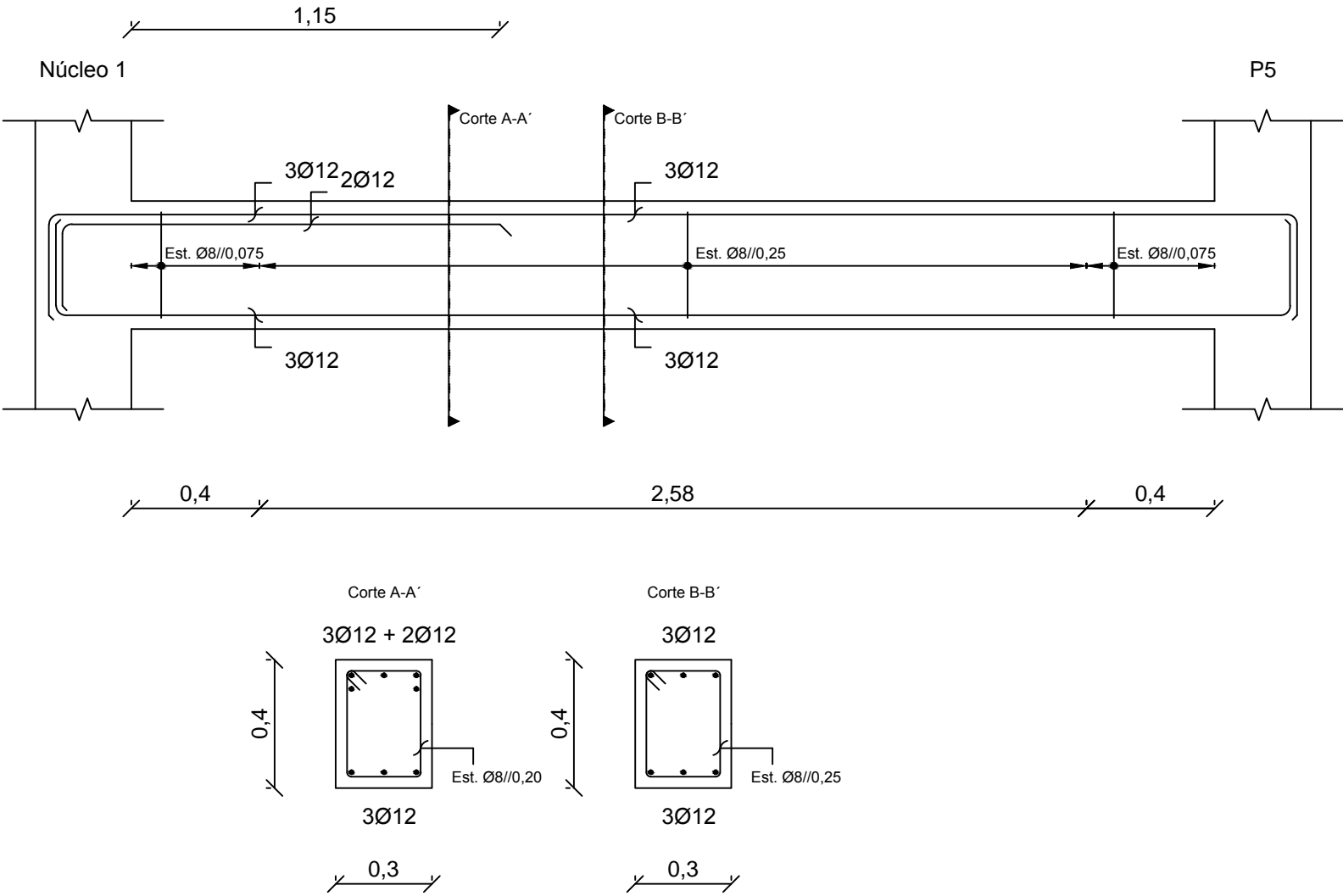
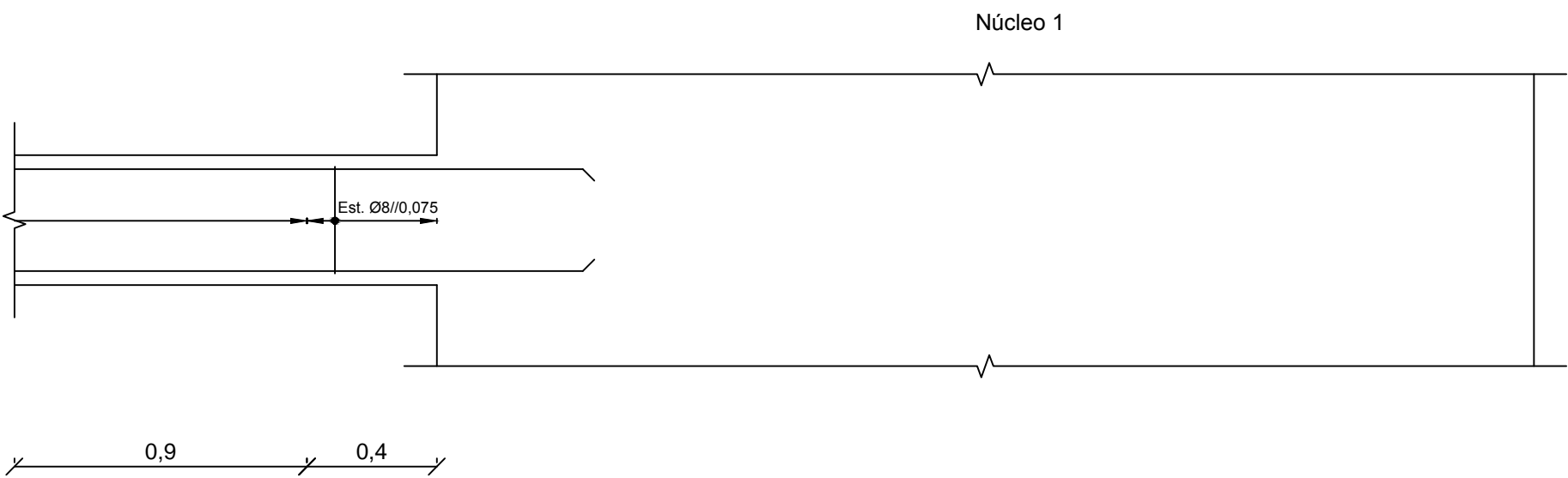


V3.4

V4.4

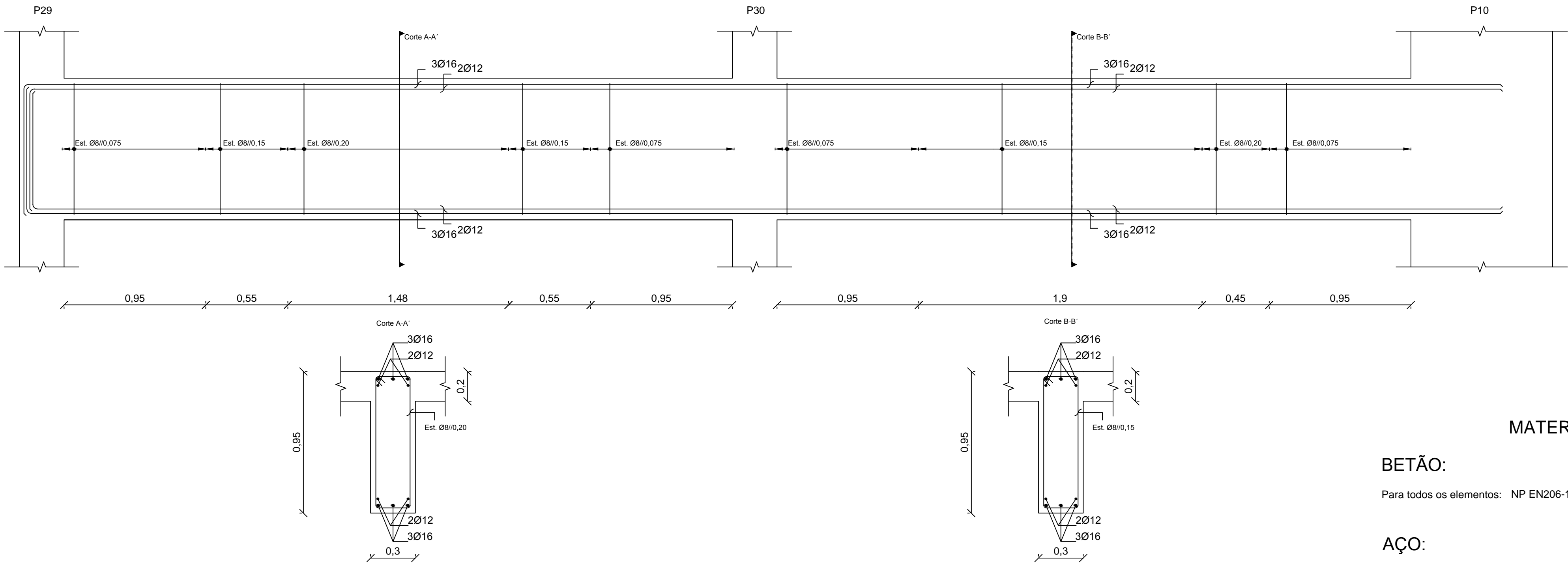
V5.4

V6.4



V11.4

V10.4



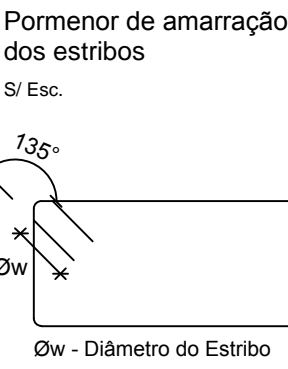
MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



| Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo) |      |      |  |
|---|------|------|--|
| Varão   | lbd  | lo   |  |
| Ø8  | 0,30 | 0,65 |  |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |  |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |  |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |  |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |  |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |  |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

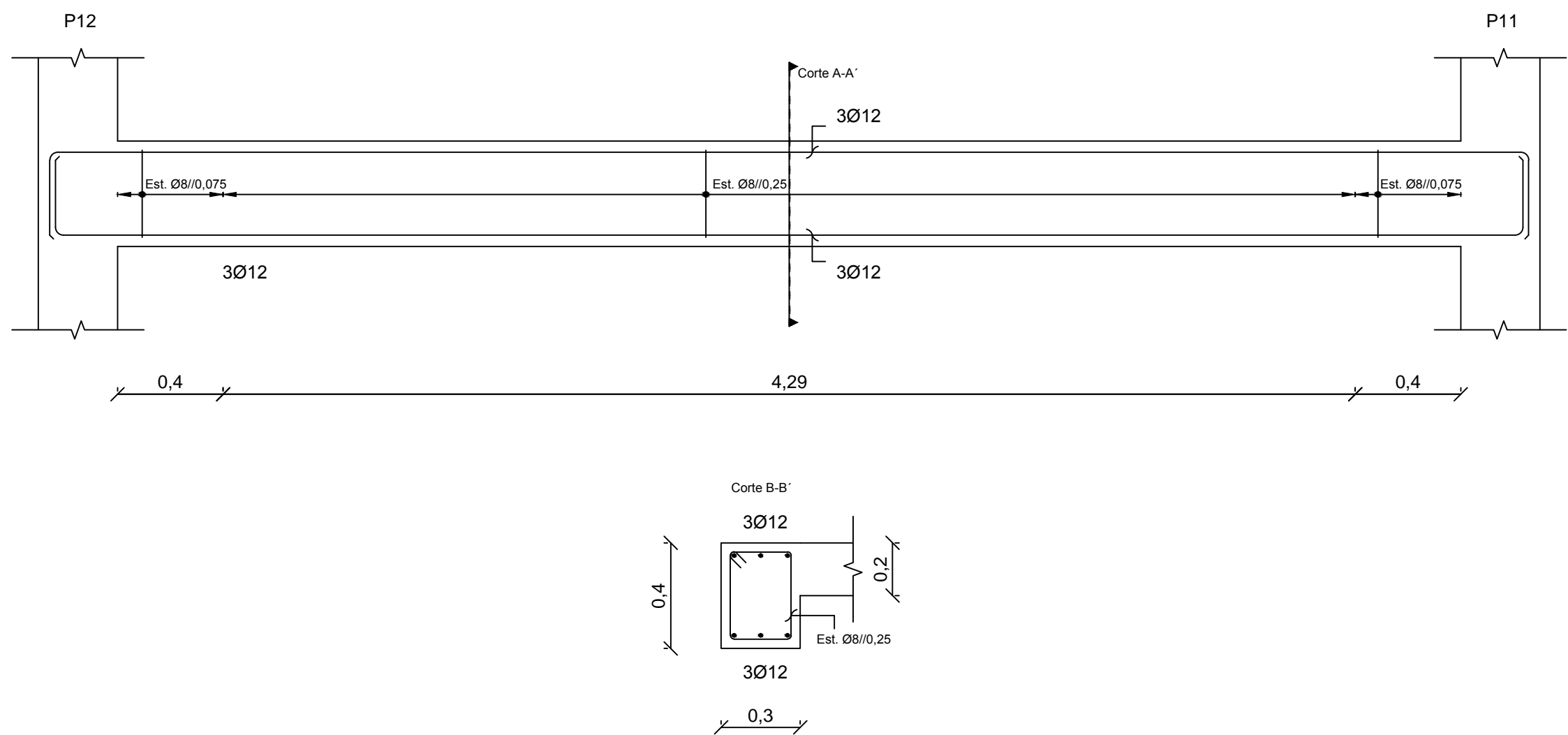
Vigas 23/29

DESENHO N.º

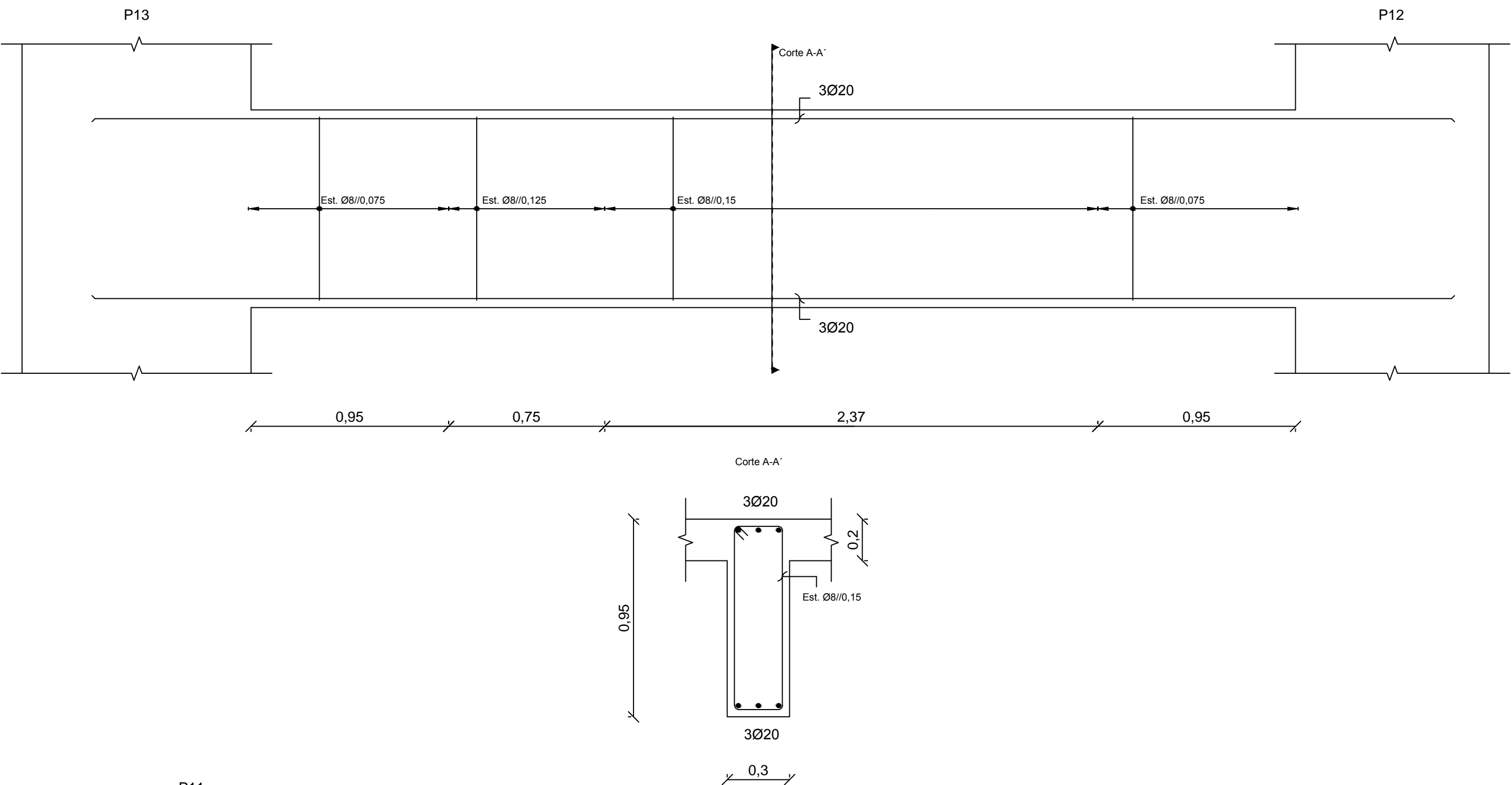
40

Formato A1

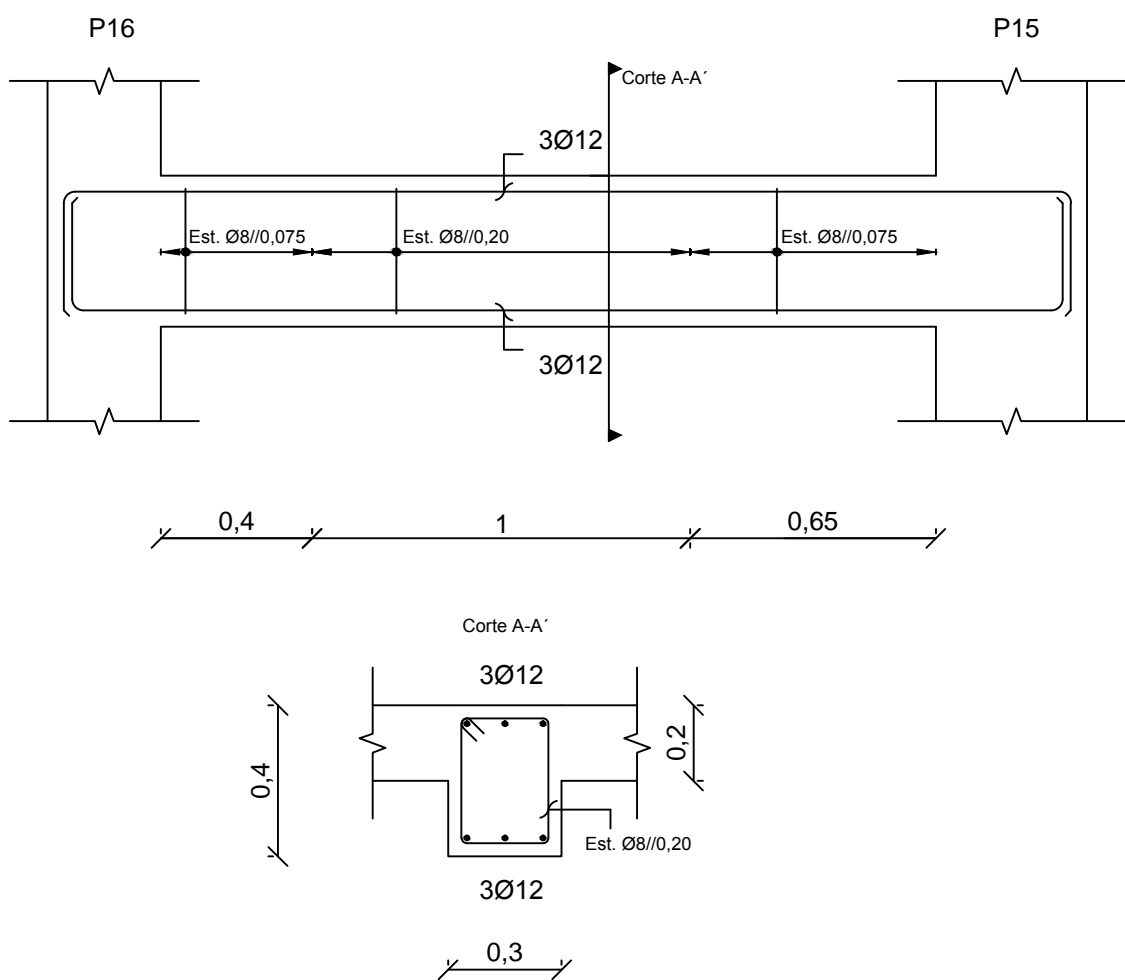
V13.4



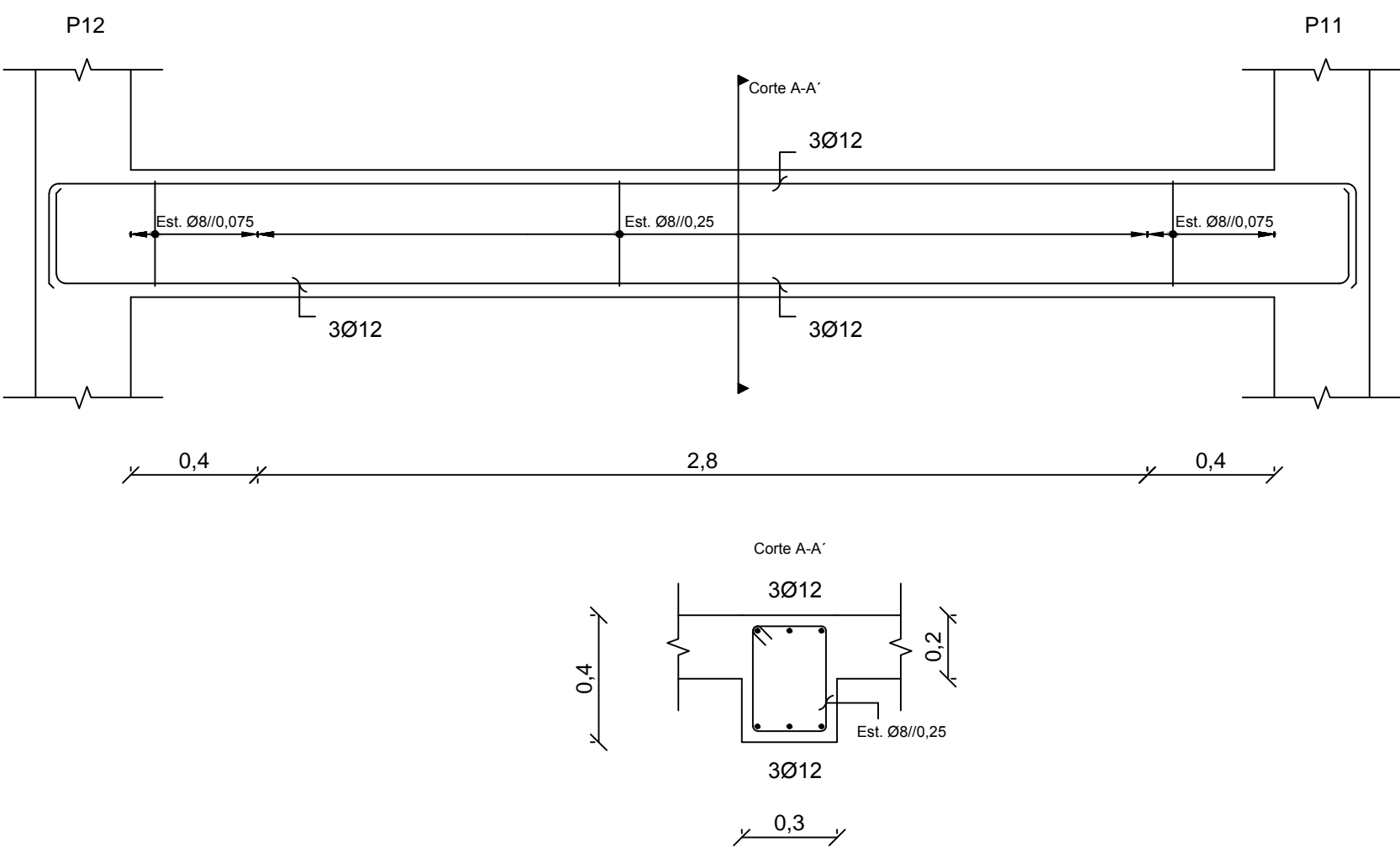
V14.4



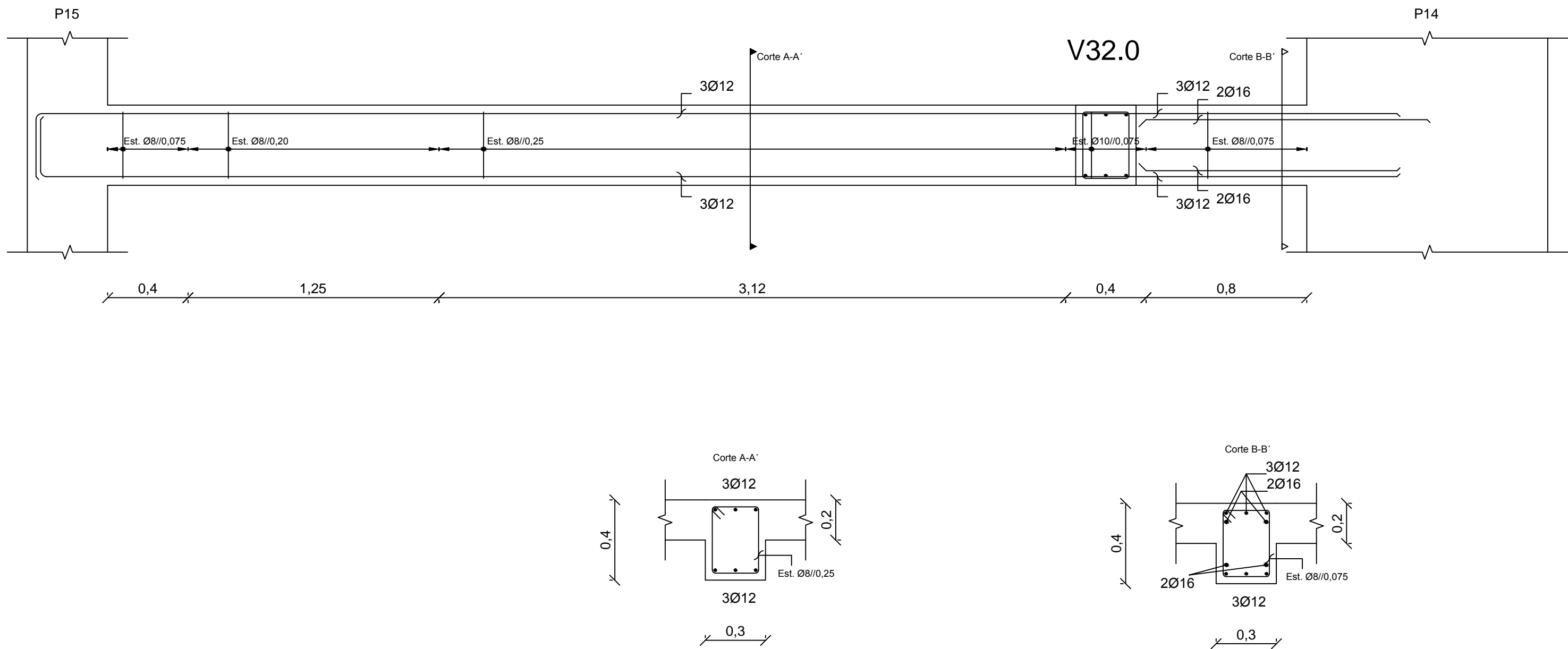
V17.4



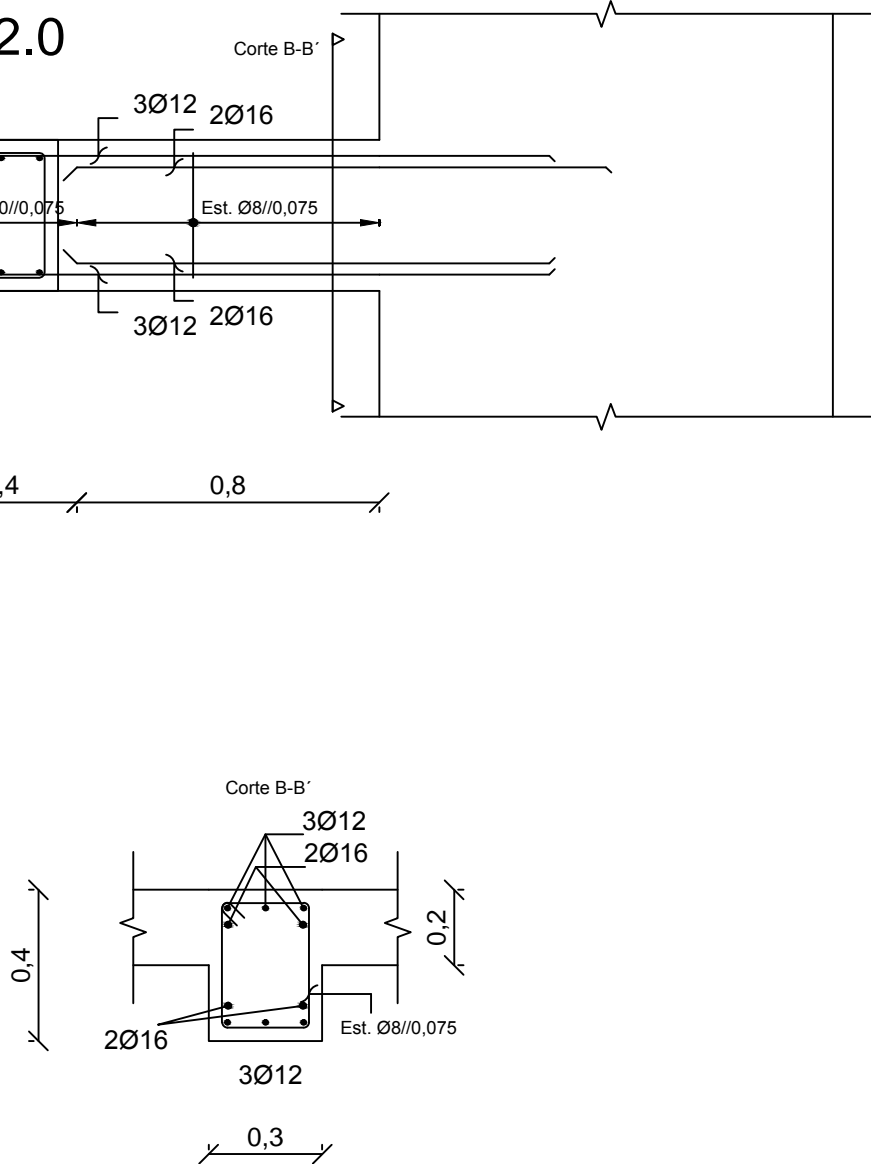
V15.4



V16.4



V32.0



MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

| Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo) |      |      |
|---|------|------|
| Varão   | lbd  | lo   |
| Ø8  | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 24/29

DESENHO N.º

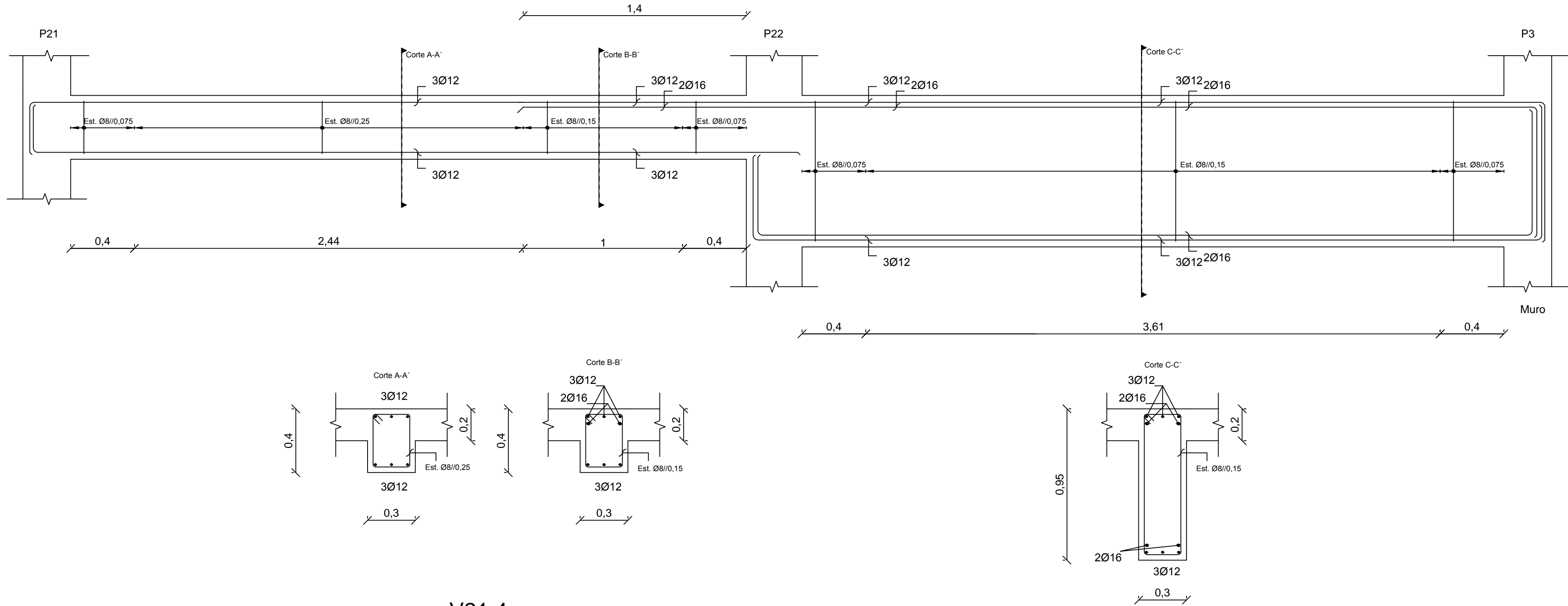
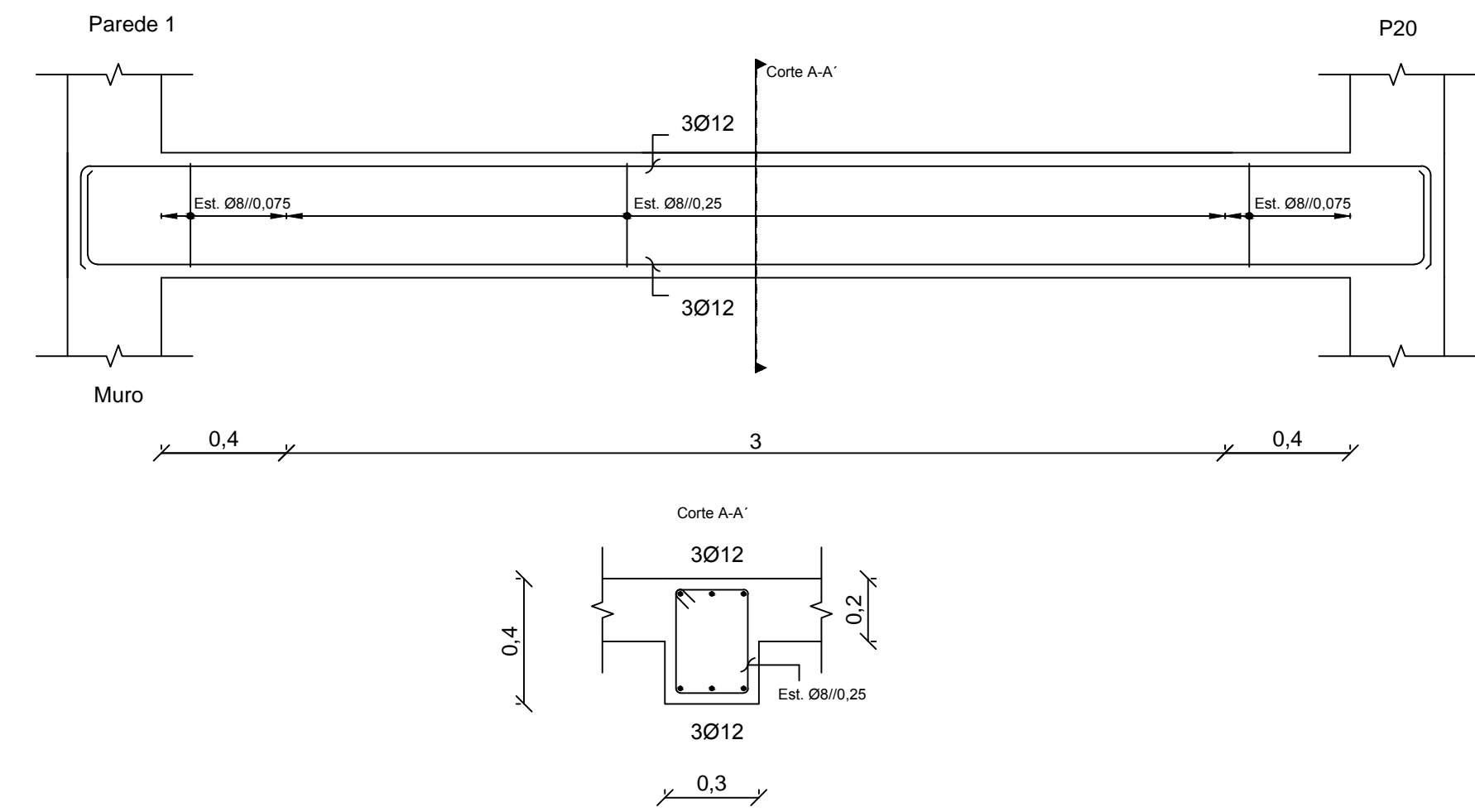
41

Formato A1

V22.4

V24.4

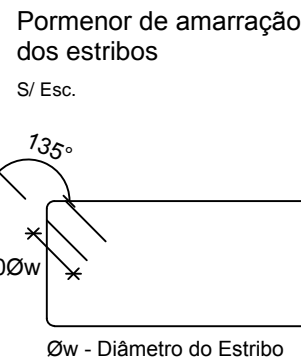
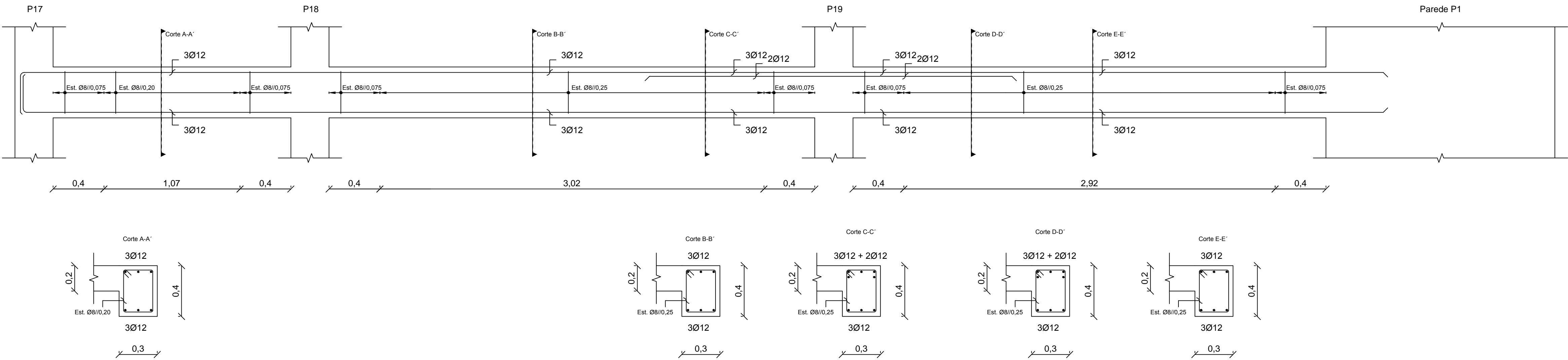
V25.4



V19.4

V20.4

V21.4



| Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo) |      |      |
|---|------|------|
| Varão   | lbd  | lo   |
| Ø8  | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) Cl0.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

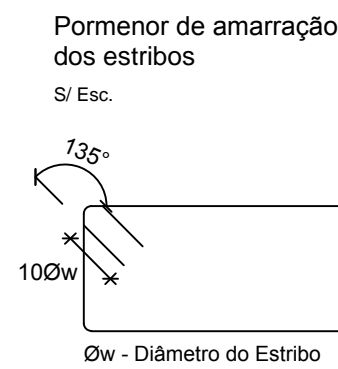
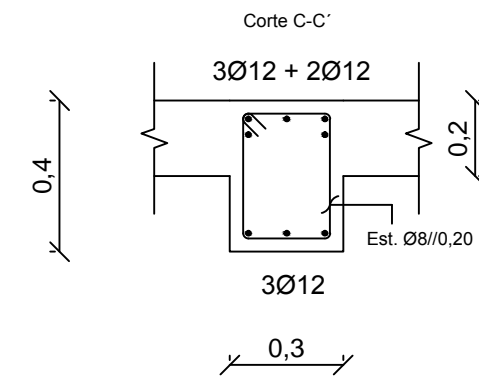
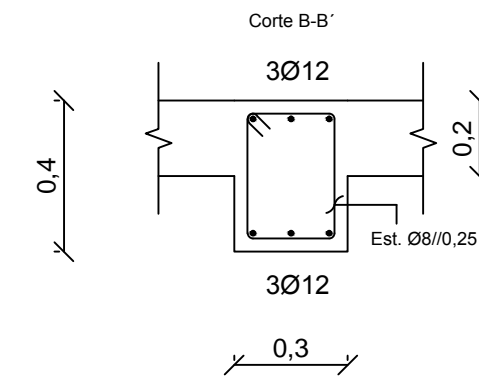
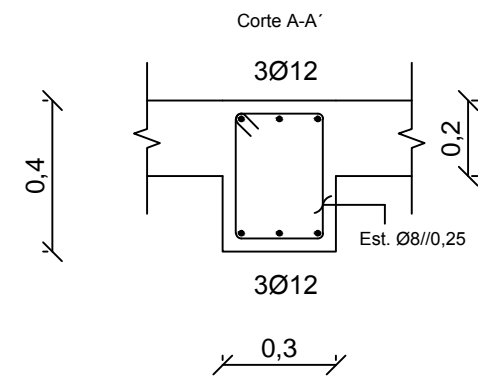
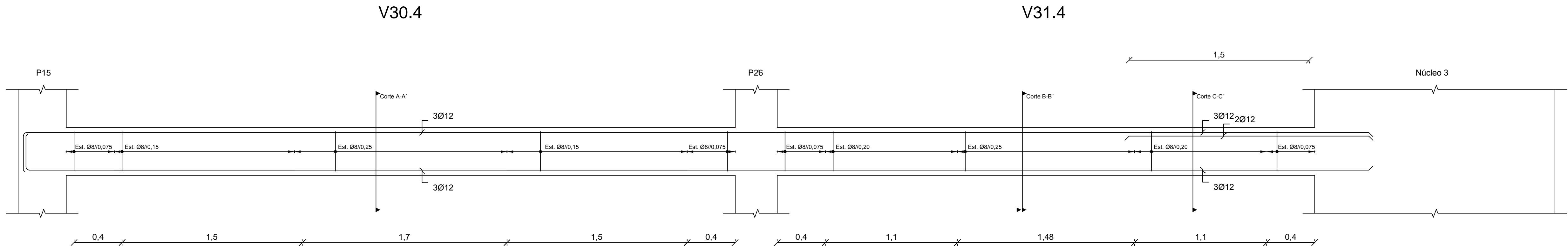
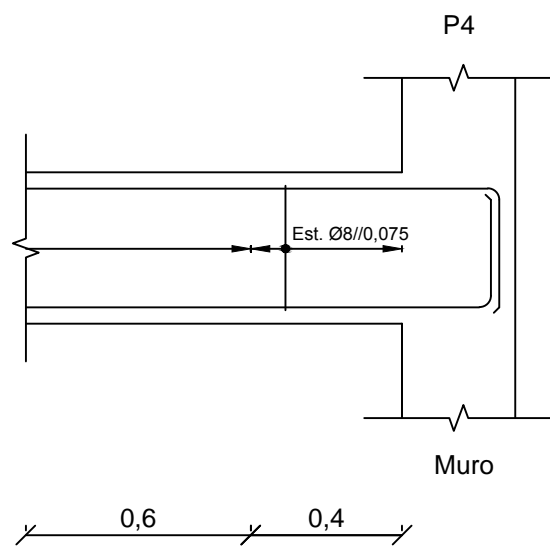
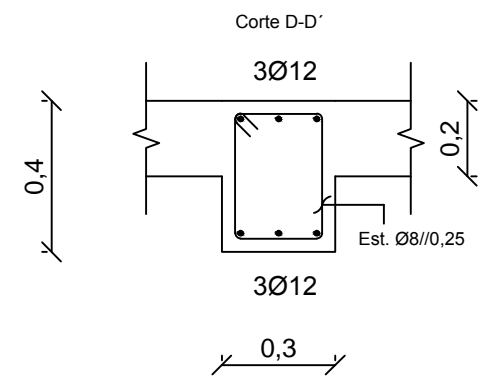
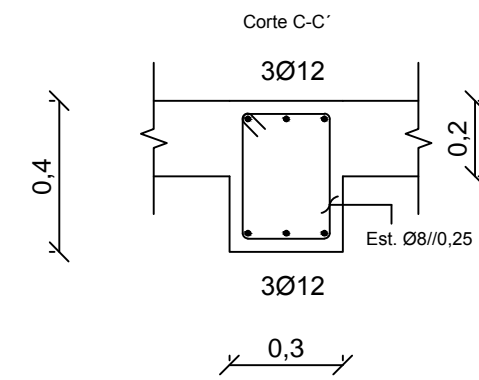
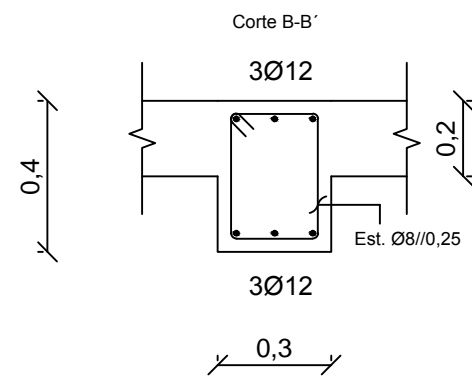
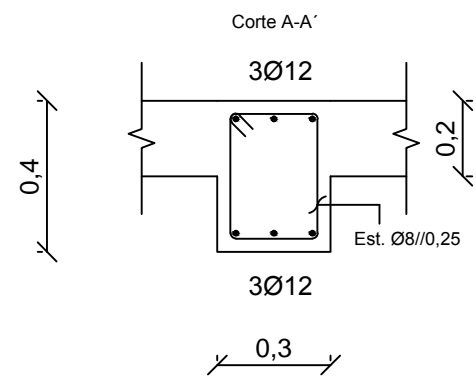
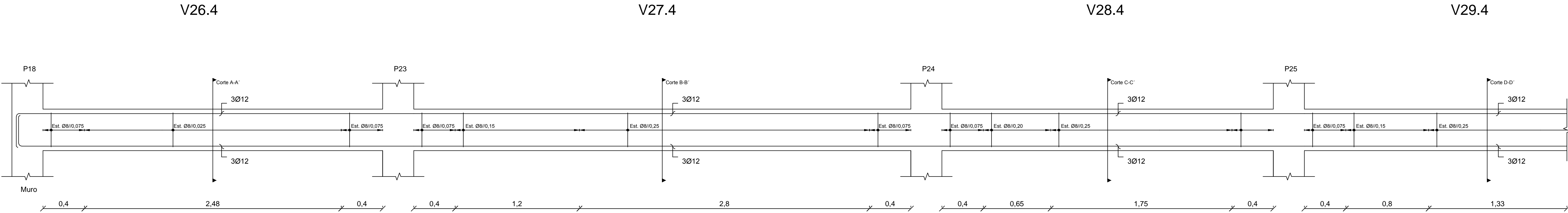
Betão Armado  
Vigas 25/29

DESENHO N.º

42

Formato A1





Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

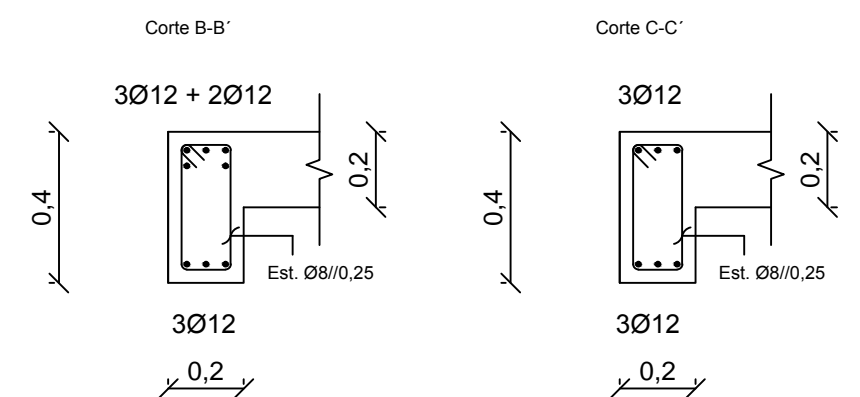
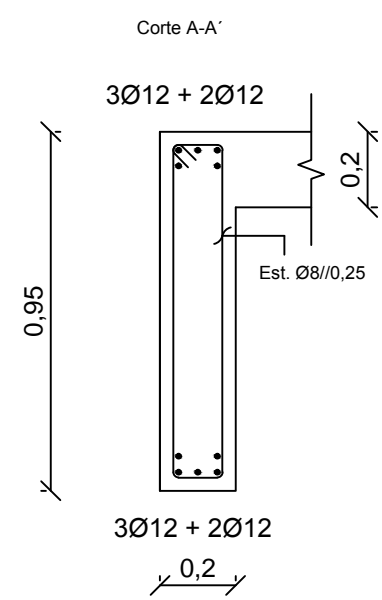
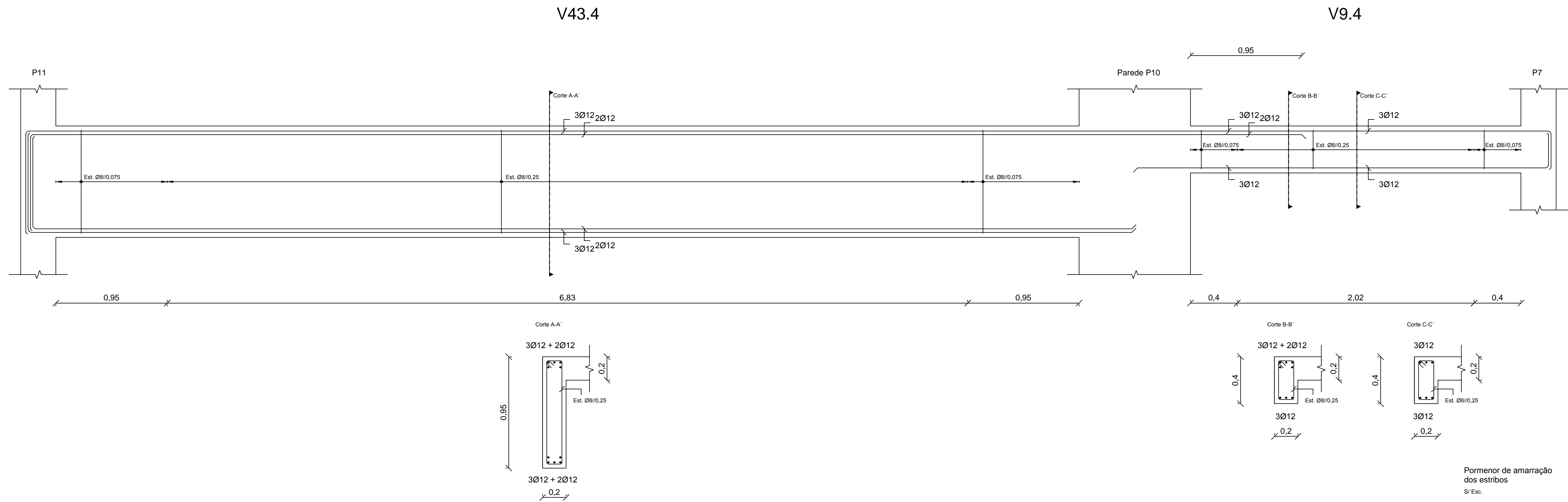
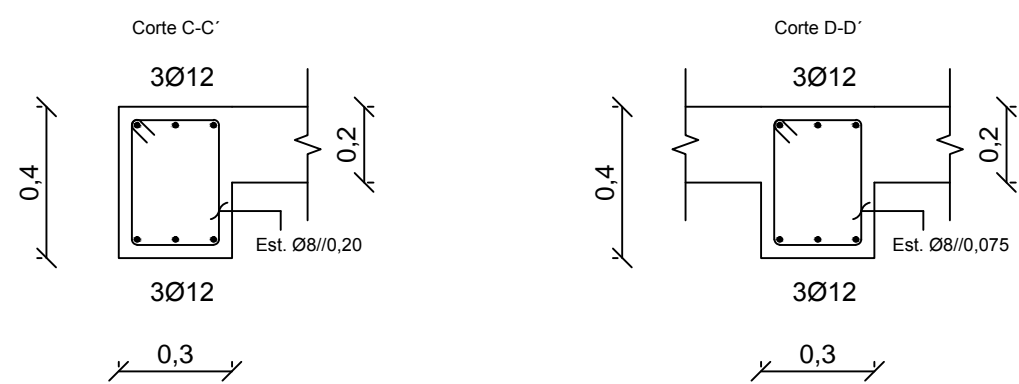
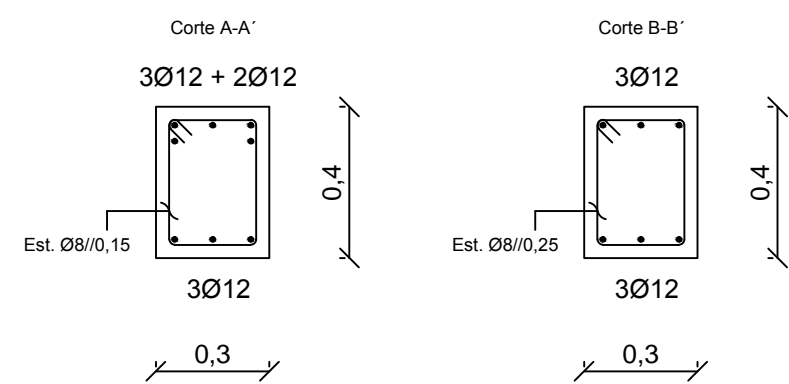
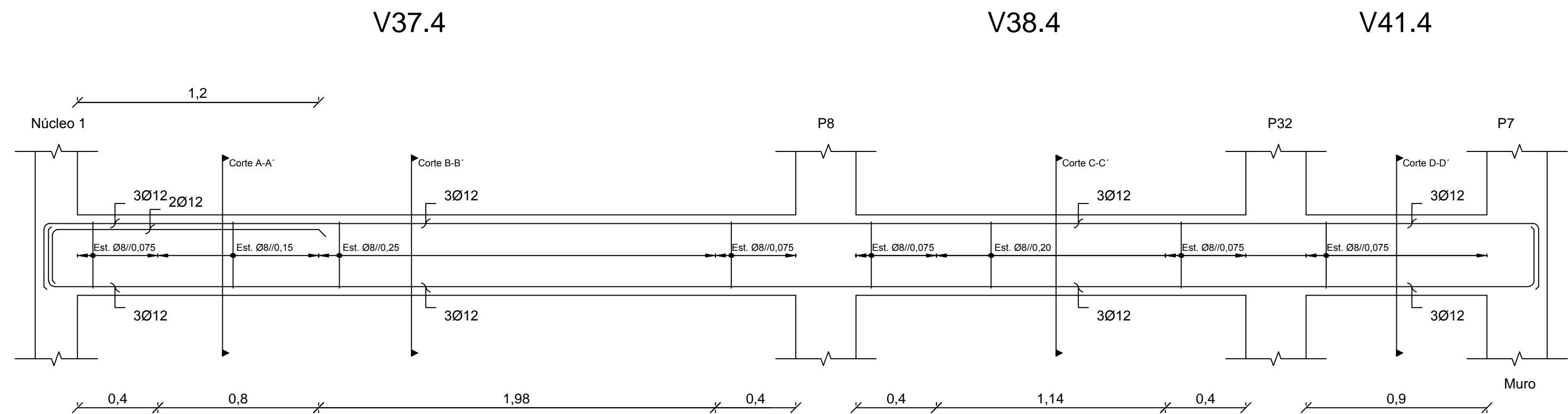
Betão Armado

Vigas 26/29

DESENHO N.º

43

Formato A1



Pormenor de amarração dos estribos

S/ Esc.

73°

100w

Øw - Diâmetro do Estribo

| Varão | l <sub>bd</sub> | l <sub>o</sub> |
|-------|-----------------|----------------|
| Ø8    | 0,30            | 0,65           |
| Ø10   | 0,40            | 0,80           |
| Ø12   | 0,45            | 0,95           |
| Ø16   | 0,60            | 1,25           |
| Ø20   | 0,75            | 1,60           |
| Ø25   | 0,95            | 1,95           |

Comprimento de amarração (l<sub>bd</sub>) e comprimento de emenda (l<sub>o</sub>)

## MATERIAIS

### BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

### AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

Vigas 28/29

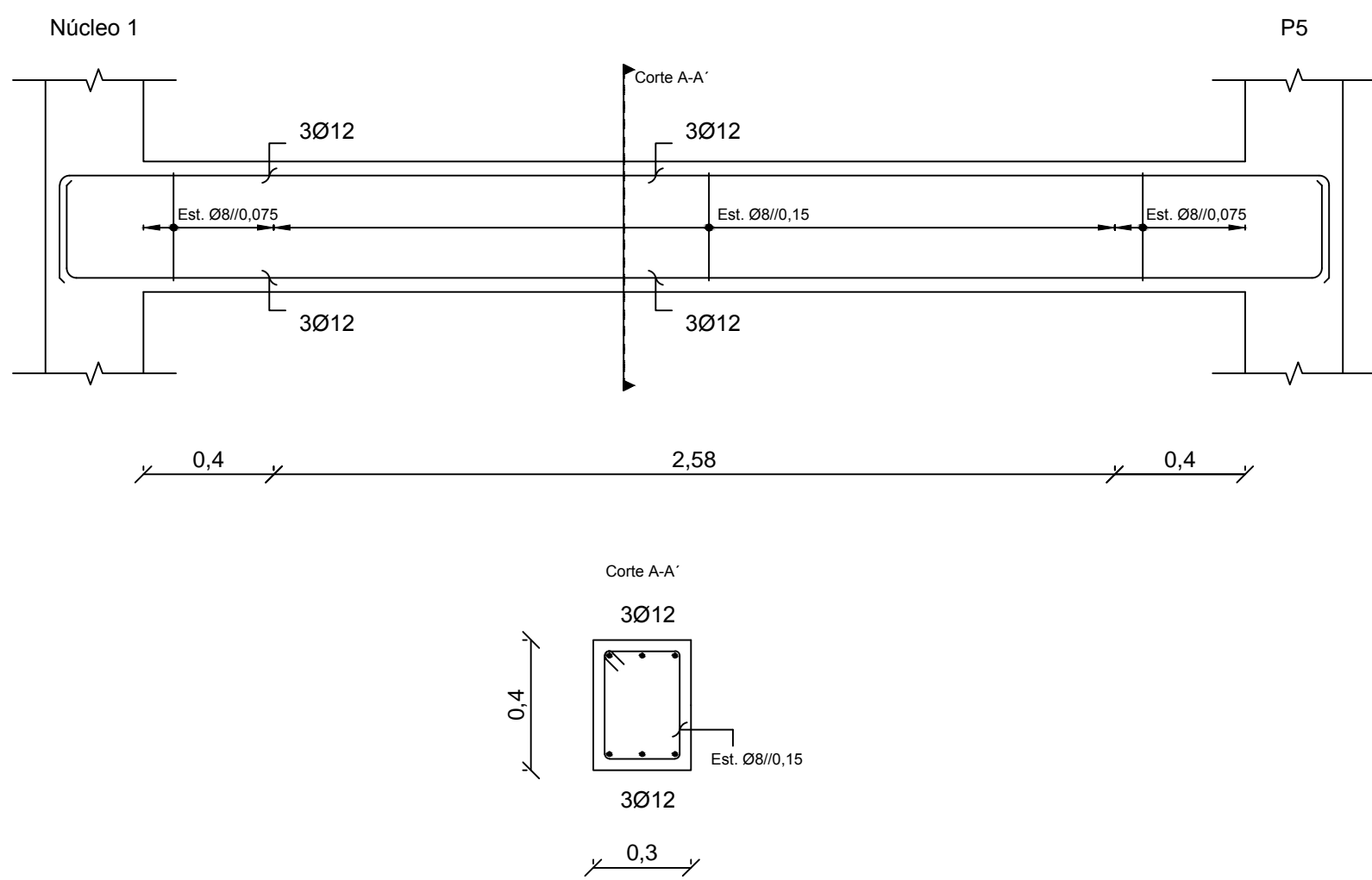
DESENHO N.º

45

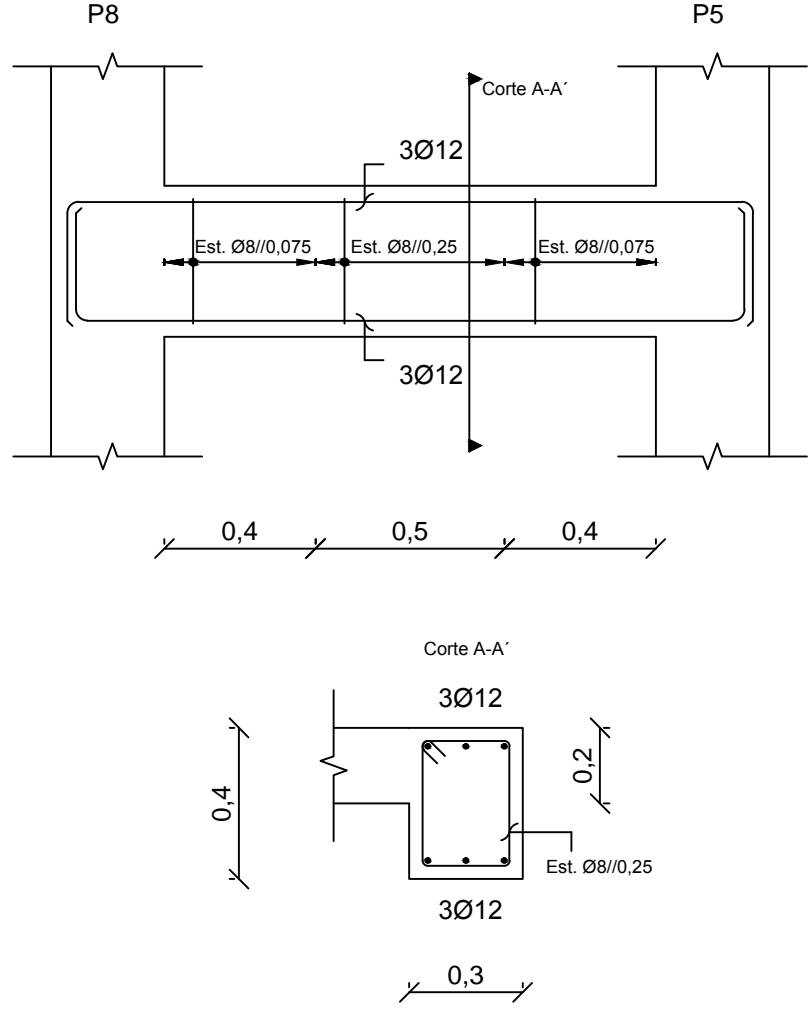
Formato A1

Dezembro de 2014

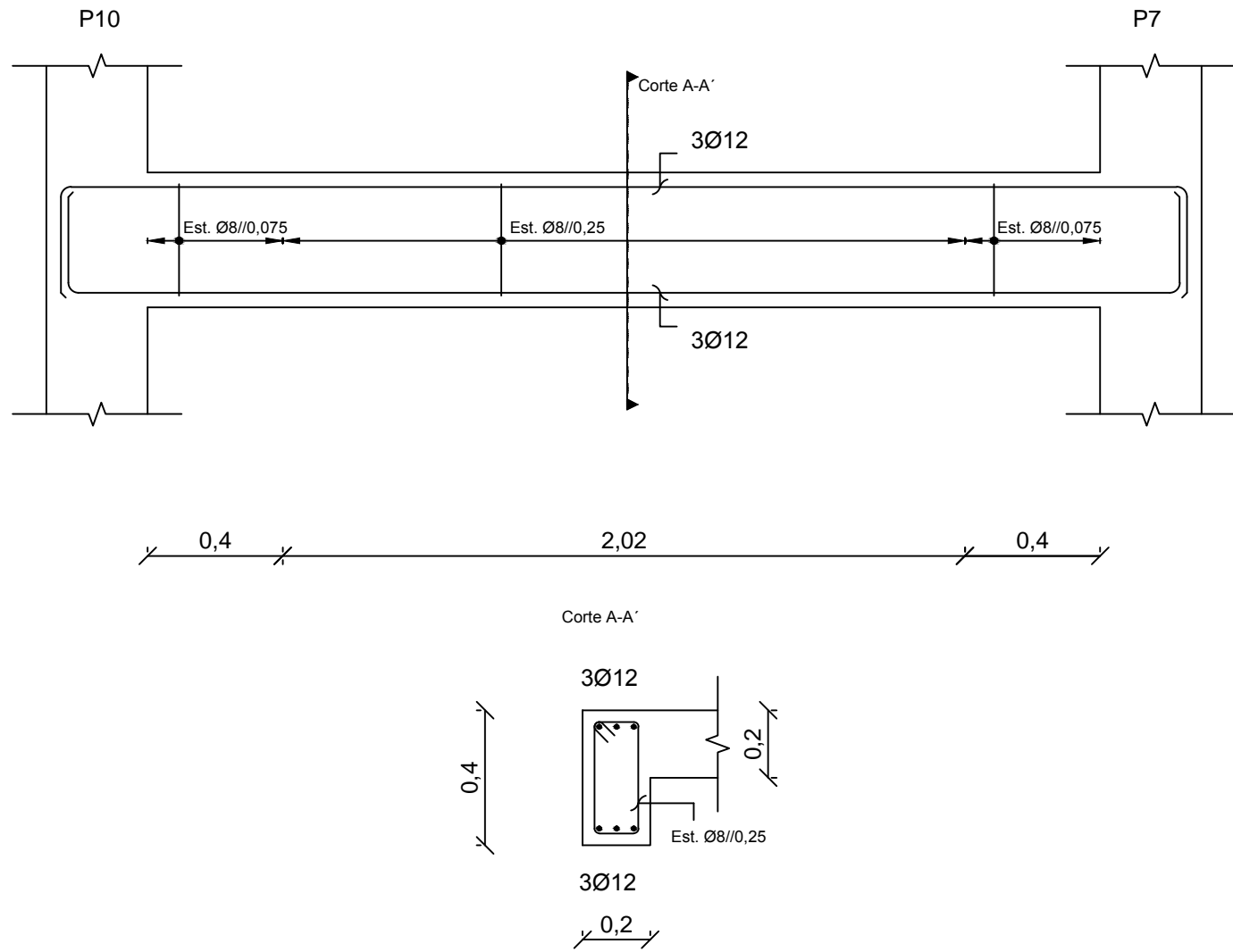
V5.cobertura



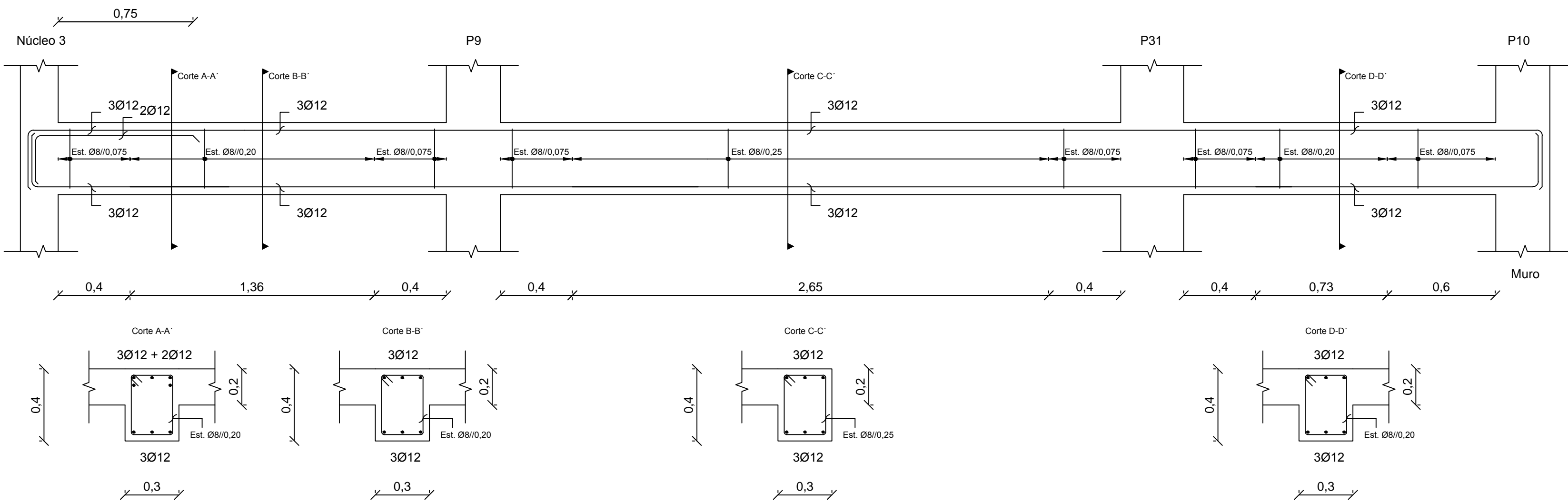
V6.cobertura



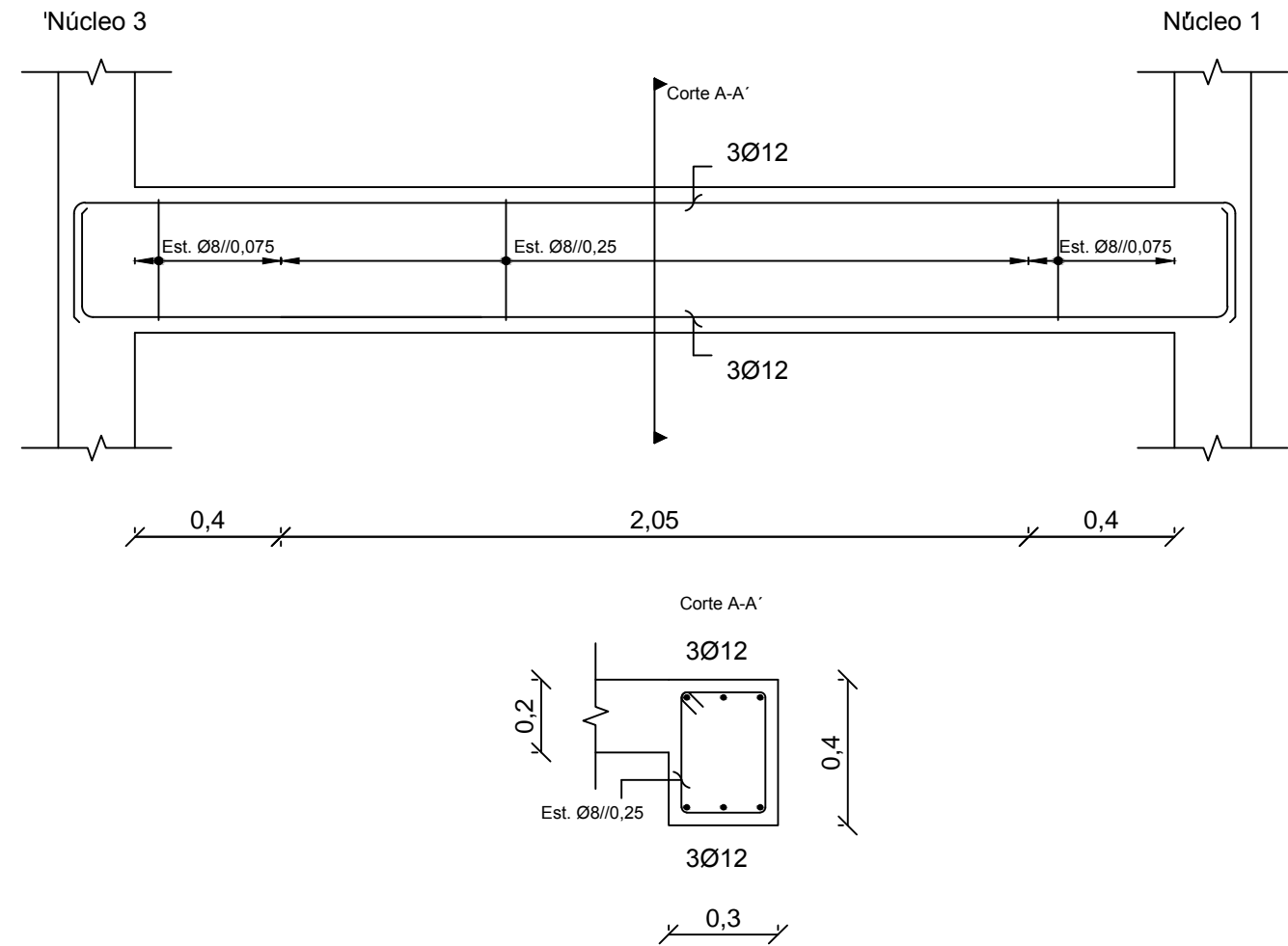
V9.cobertura



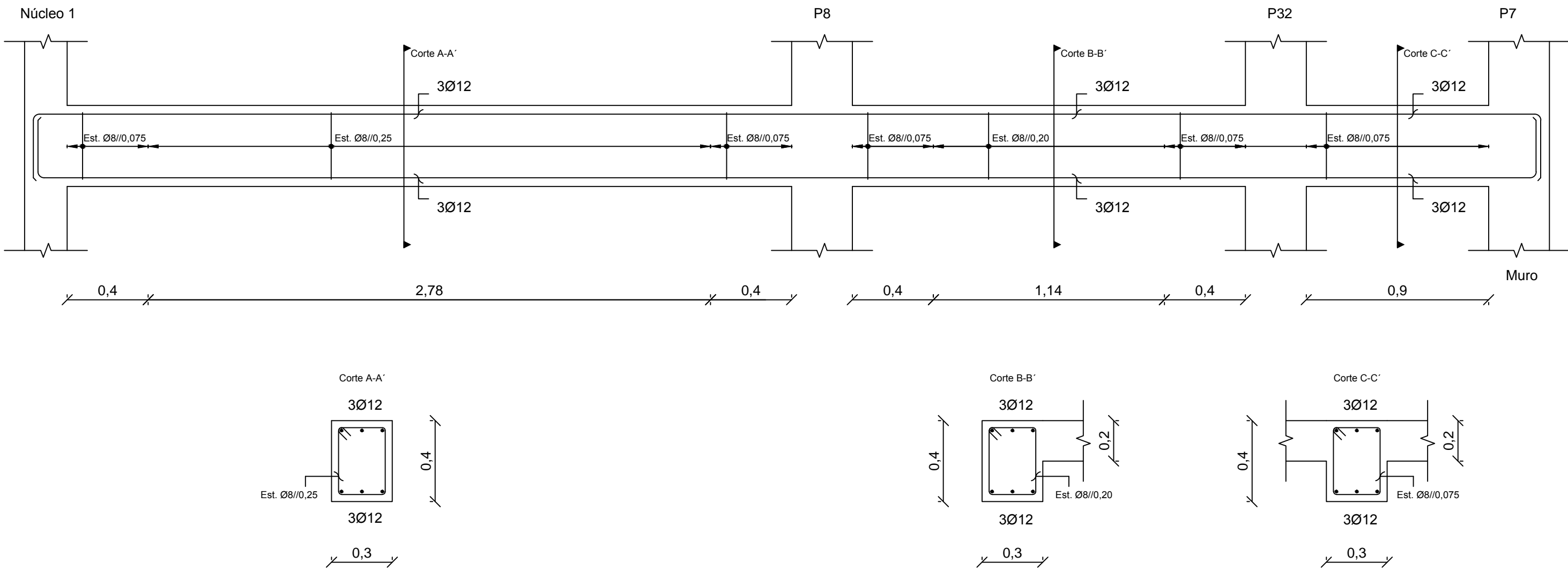
V35.cobertura



V36.cobertura



V37.cobertura



V38.cobertura

V41.cobertura

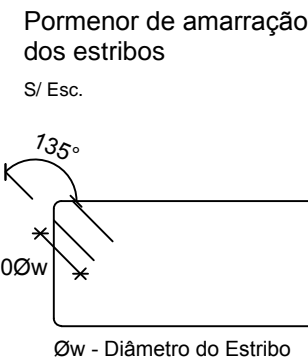
MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10.20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



| Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo) |      |      |
|---|------|------|
| Varão   | lbd  | lo   |
| Ø8  | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/20

Betão Armado

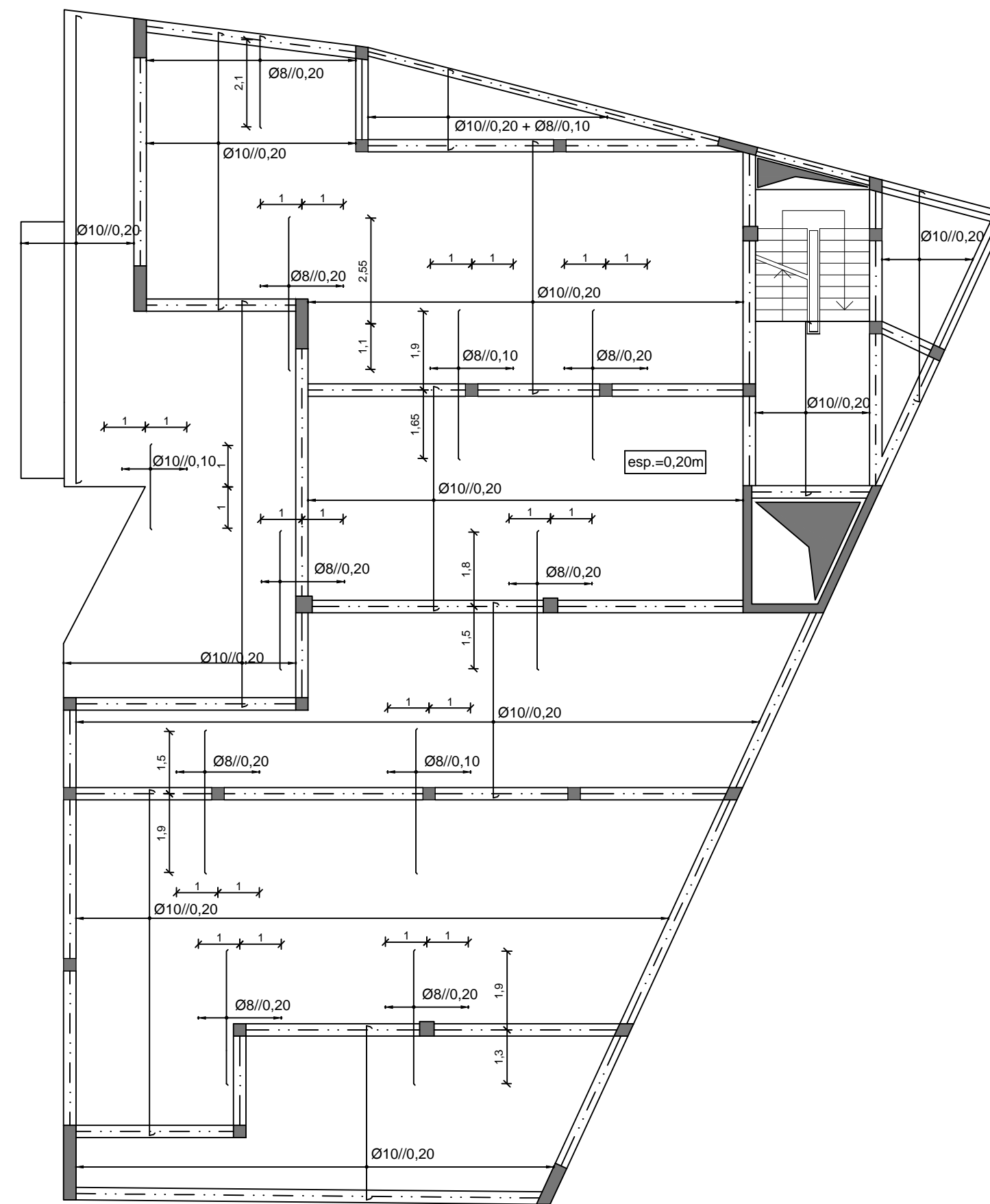
Vigas 29/29

DESENHO N.º

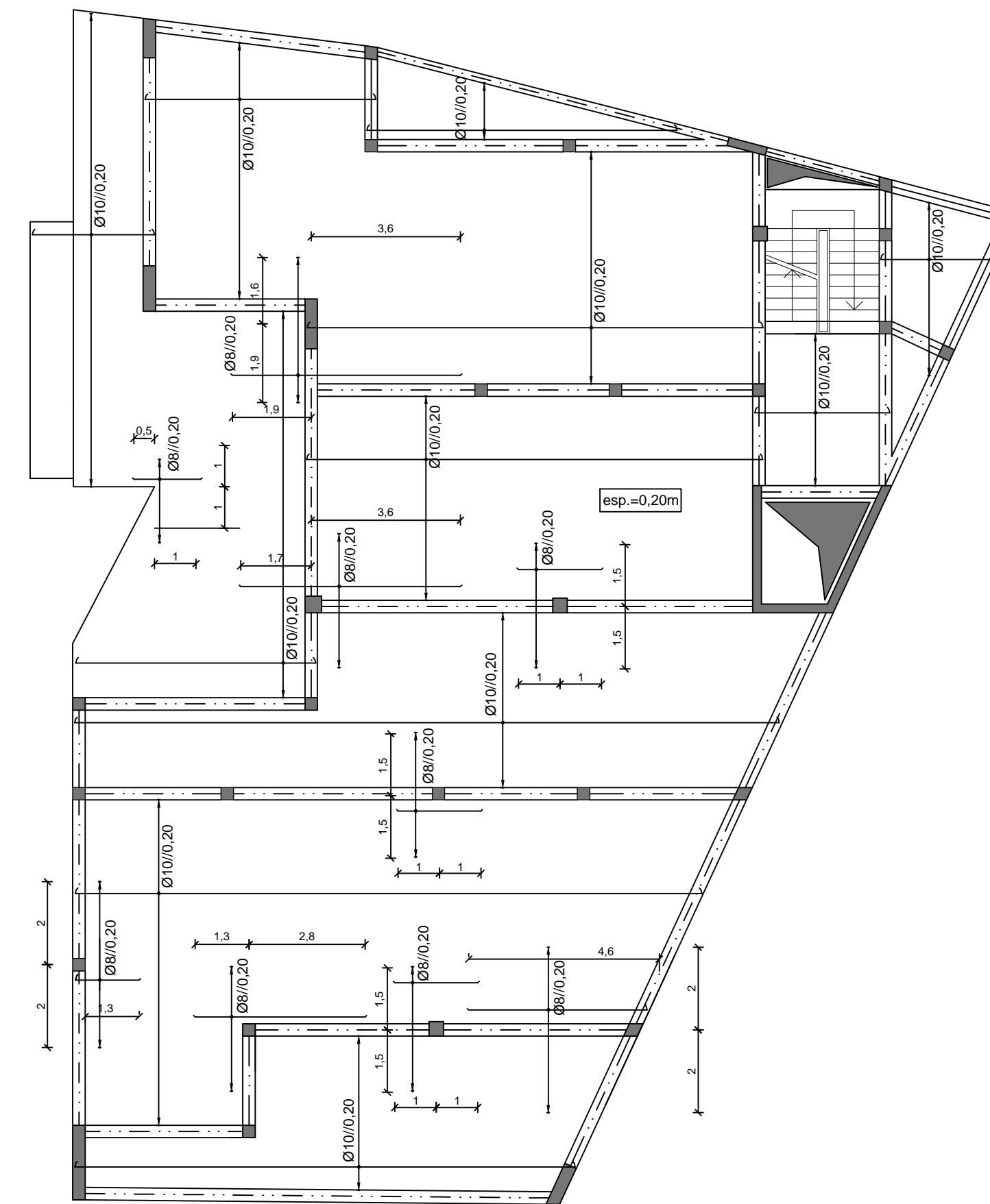
46

Formato A1

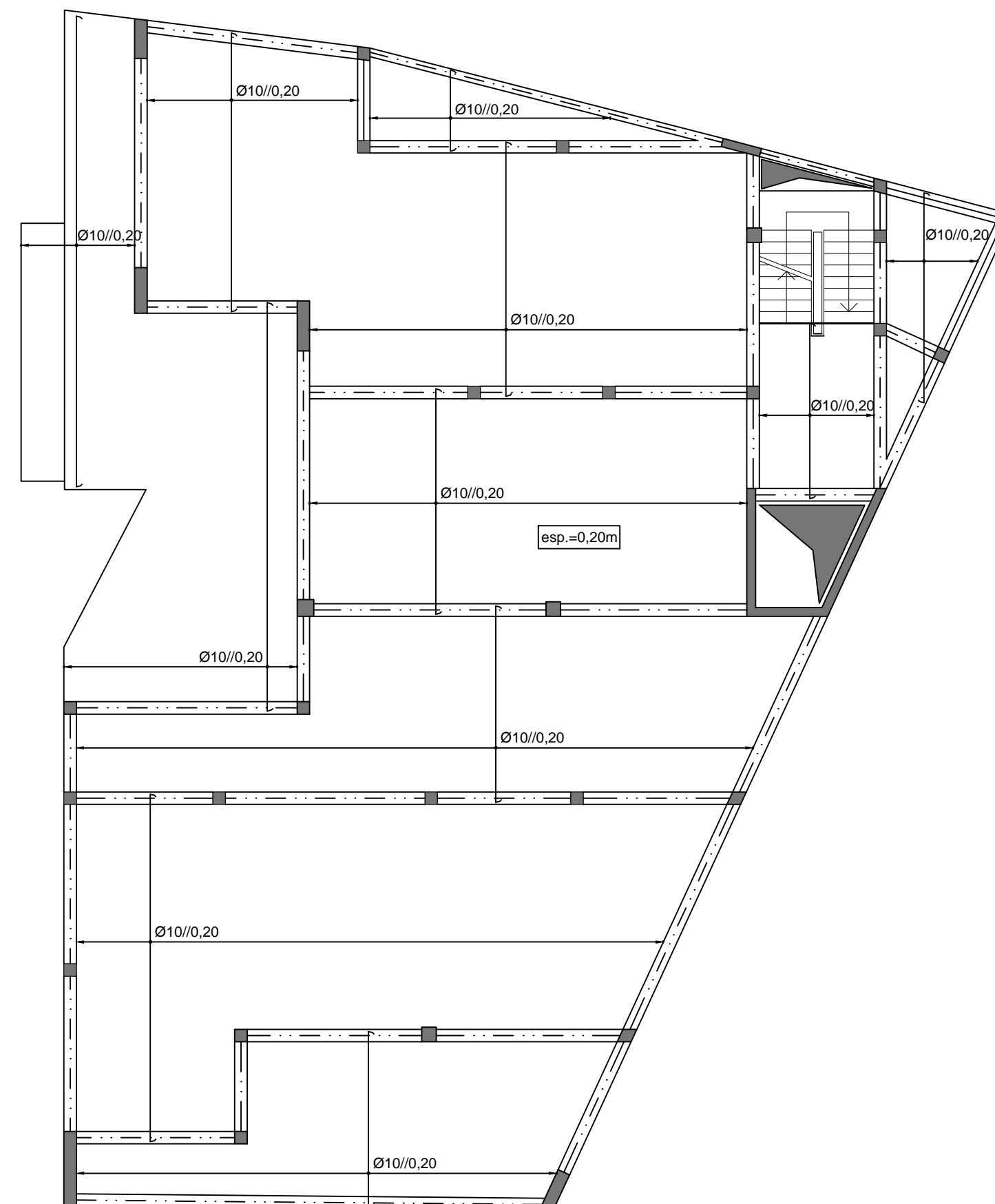
Armadura superior Y - Ay



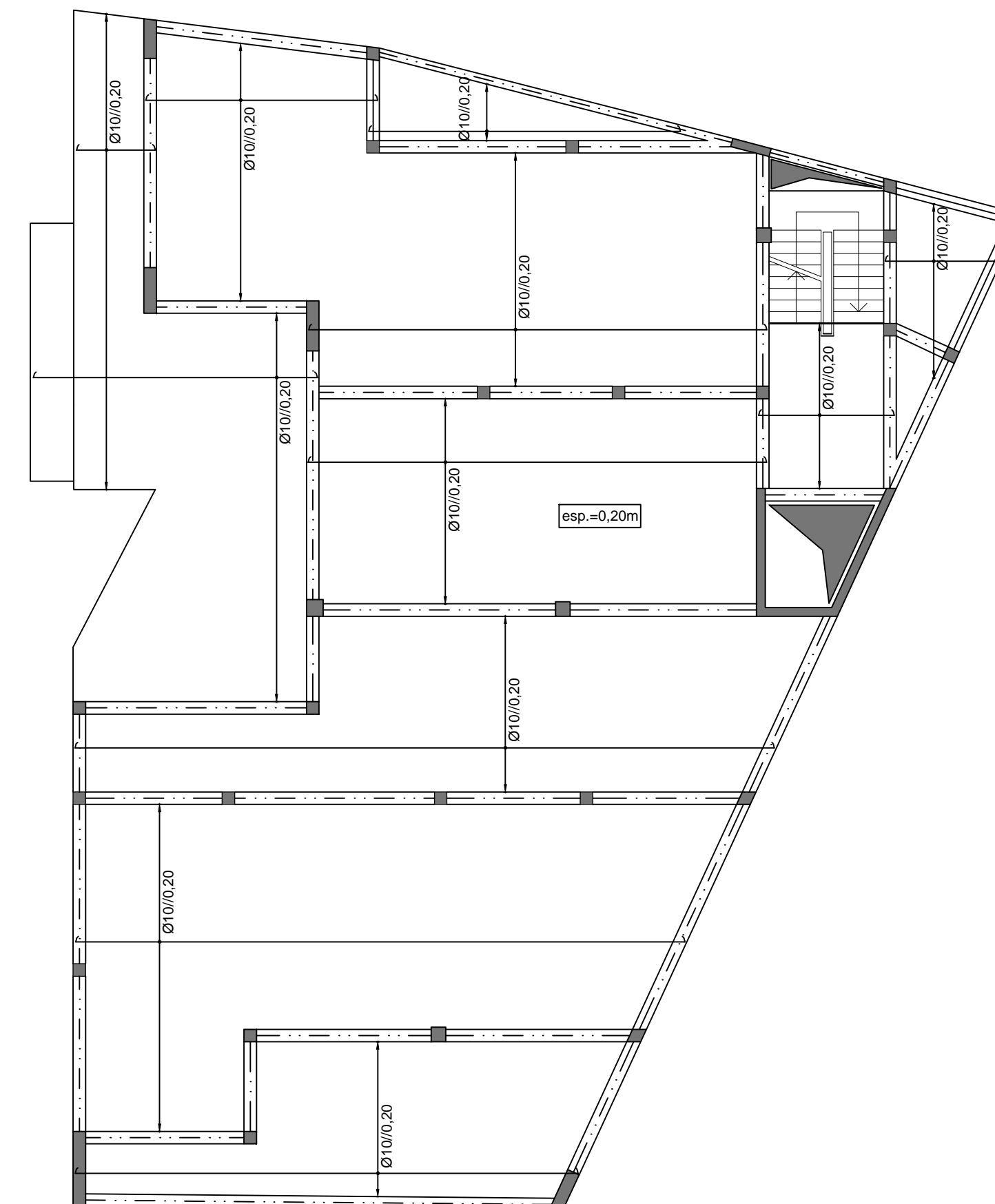
Armadura superior X - Ax



Armadura inferior Y - Ay



Armadura inferior X - Ax



| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

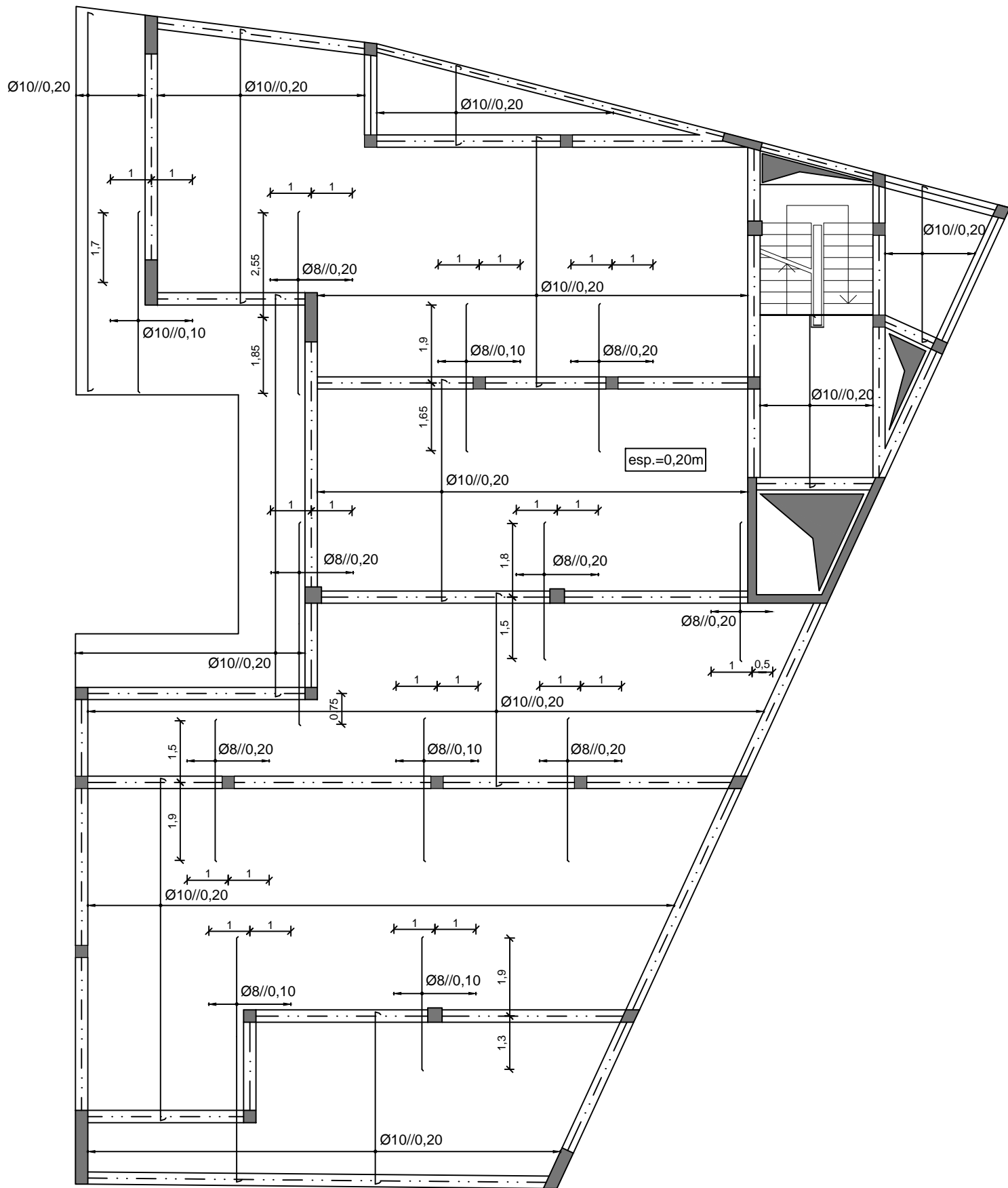
BETÃO:

AÇO:

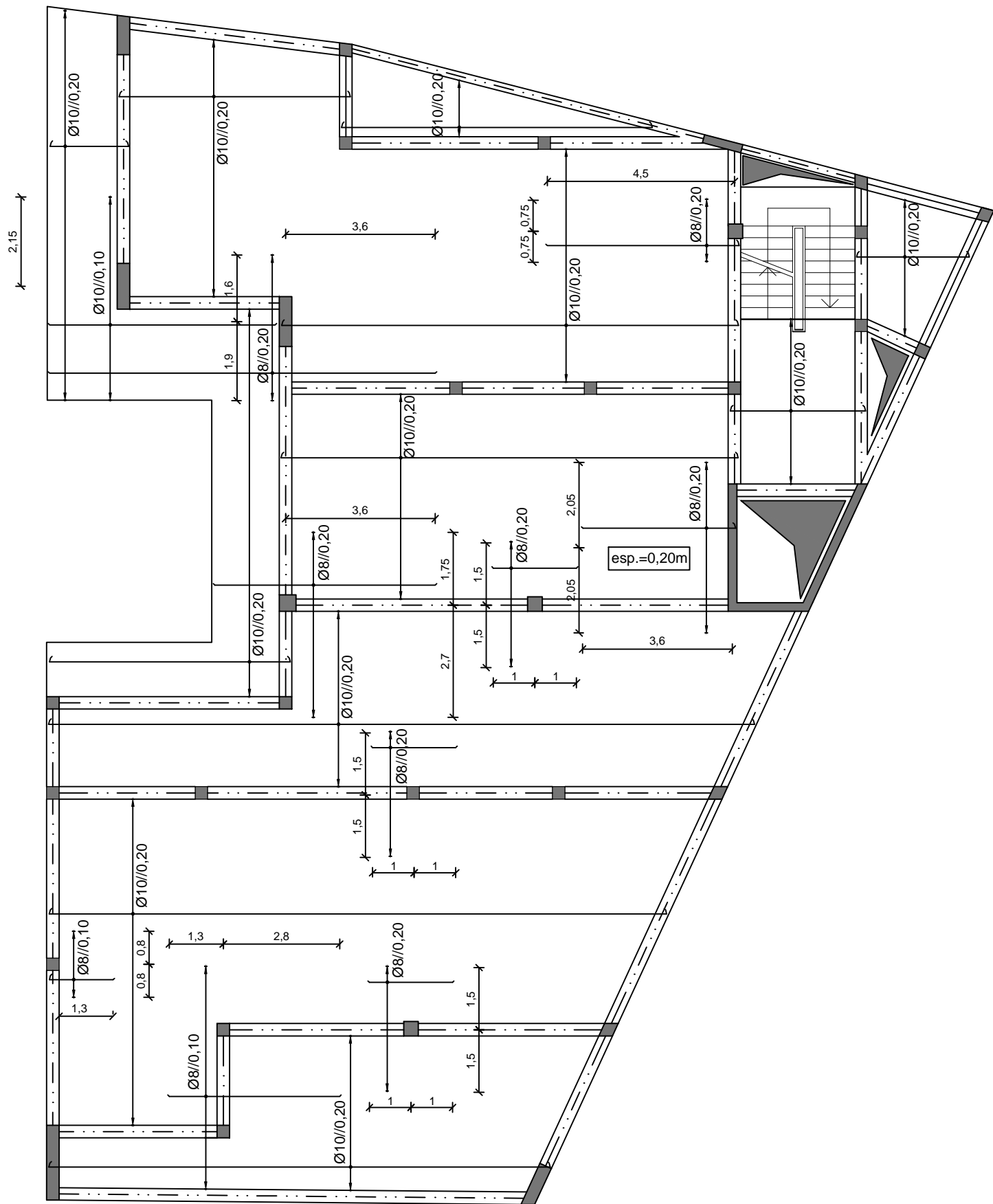
Armaduras ordinárias: A500 NR SD

Piso 1

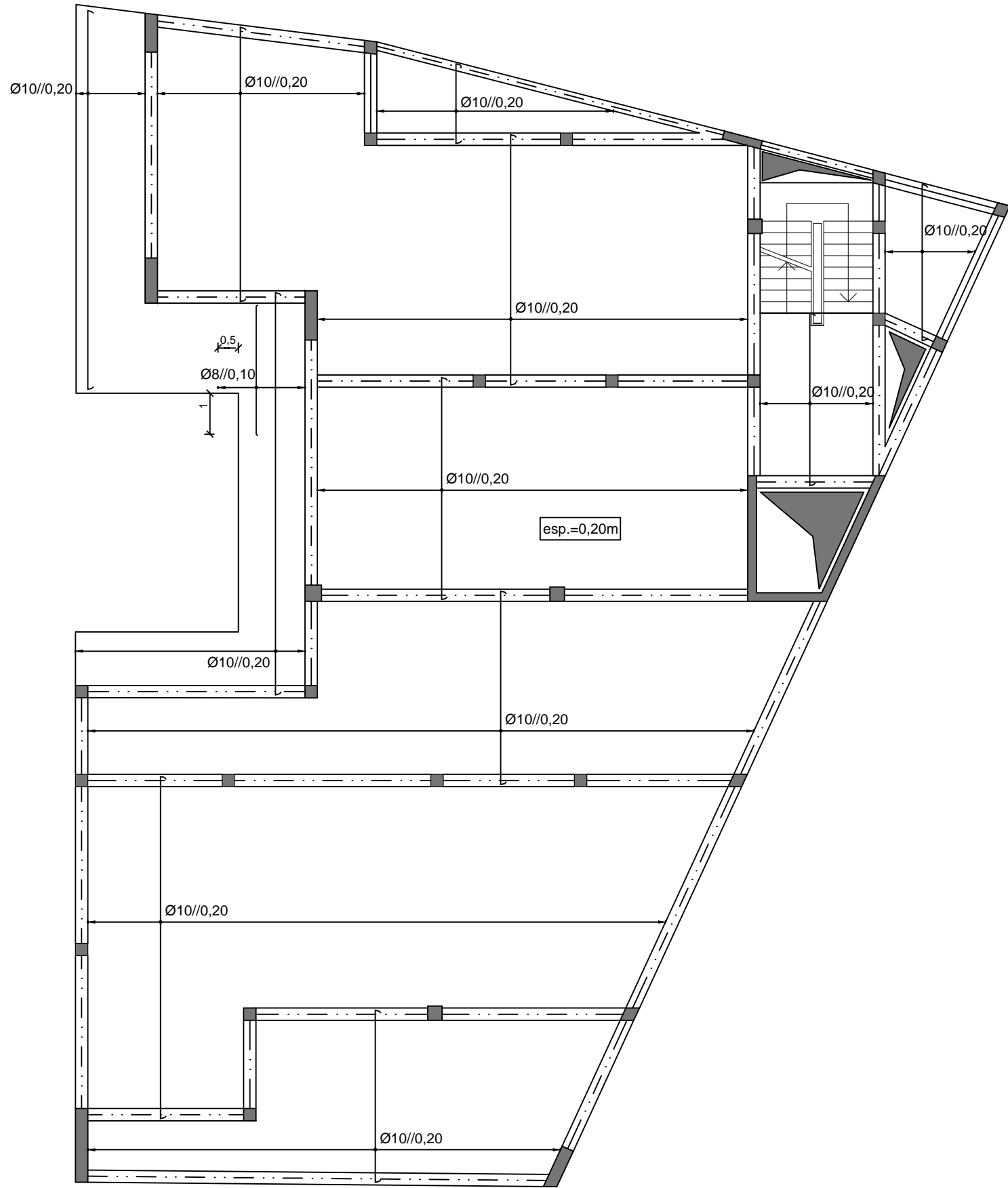
Armadura superior Y - Ay



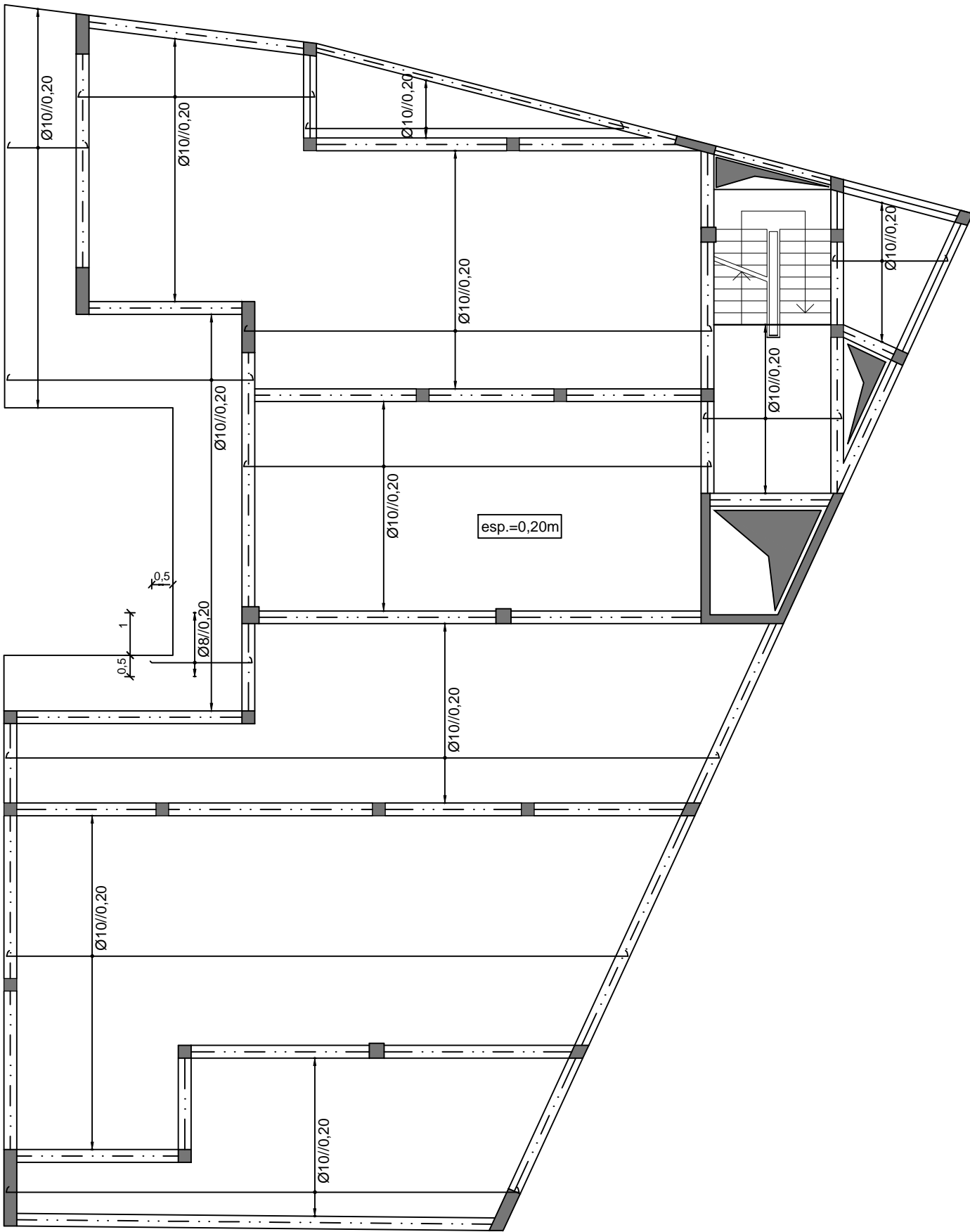
Armadura superior X - Ax



Armadura inferior Y - Ay



Armadura inferior X - Ax



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/125

Betão Armado  
Armadura superior Piso 1

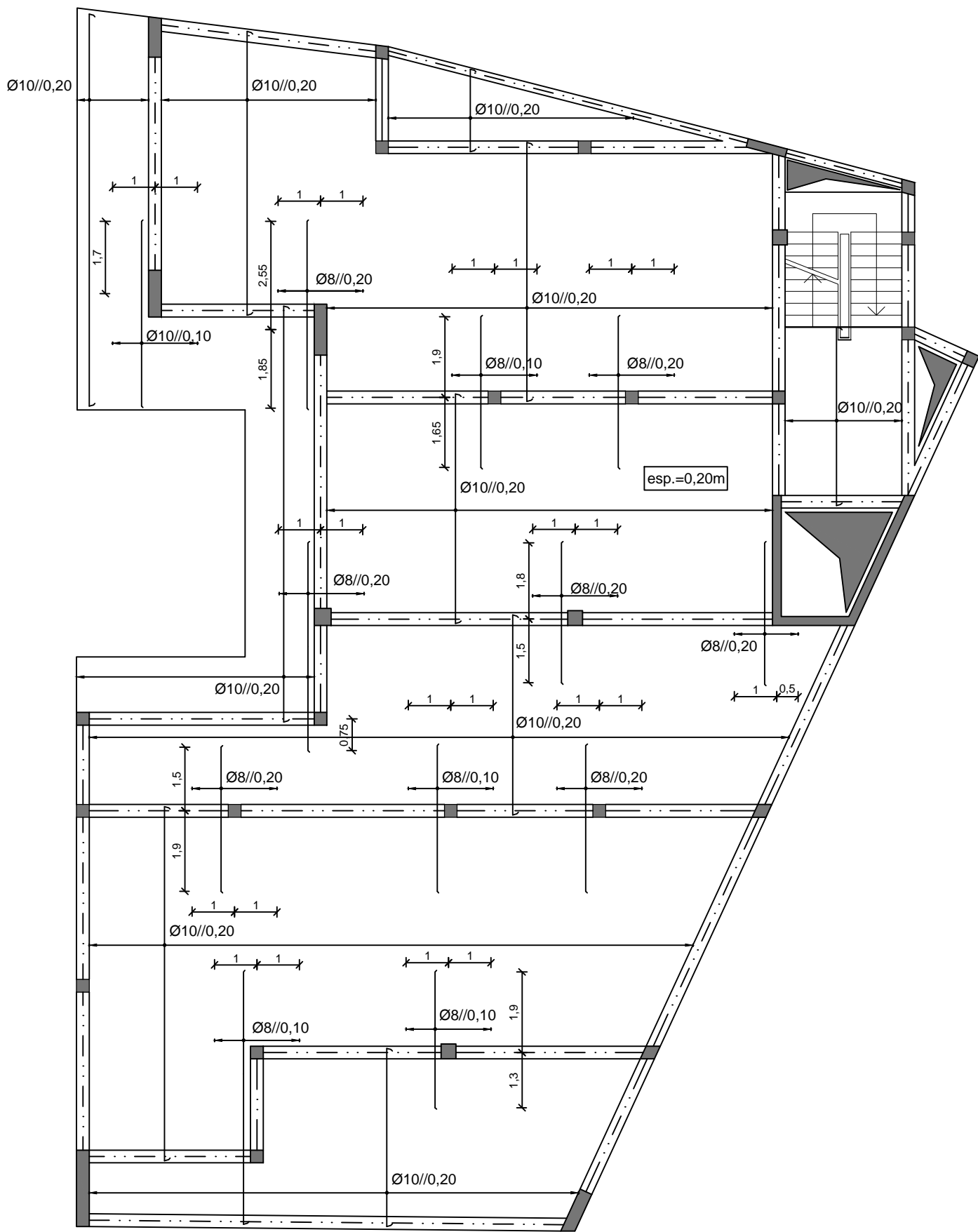
DESENHO N.º

48

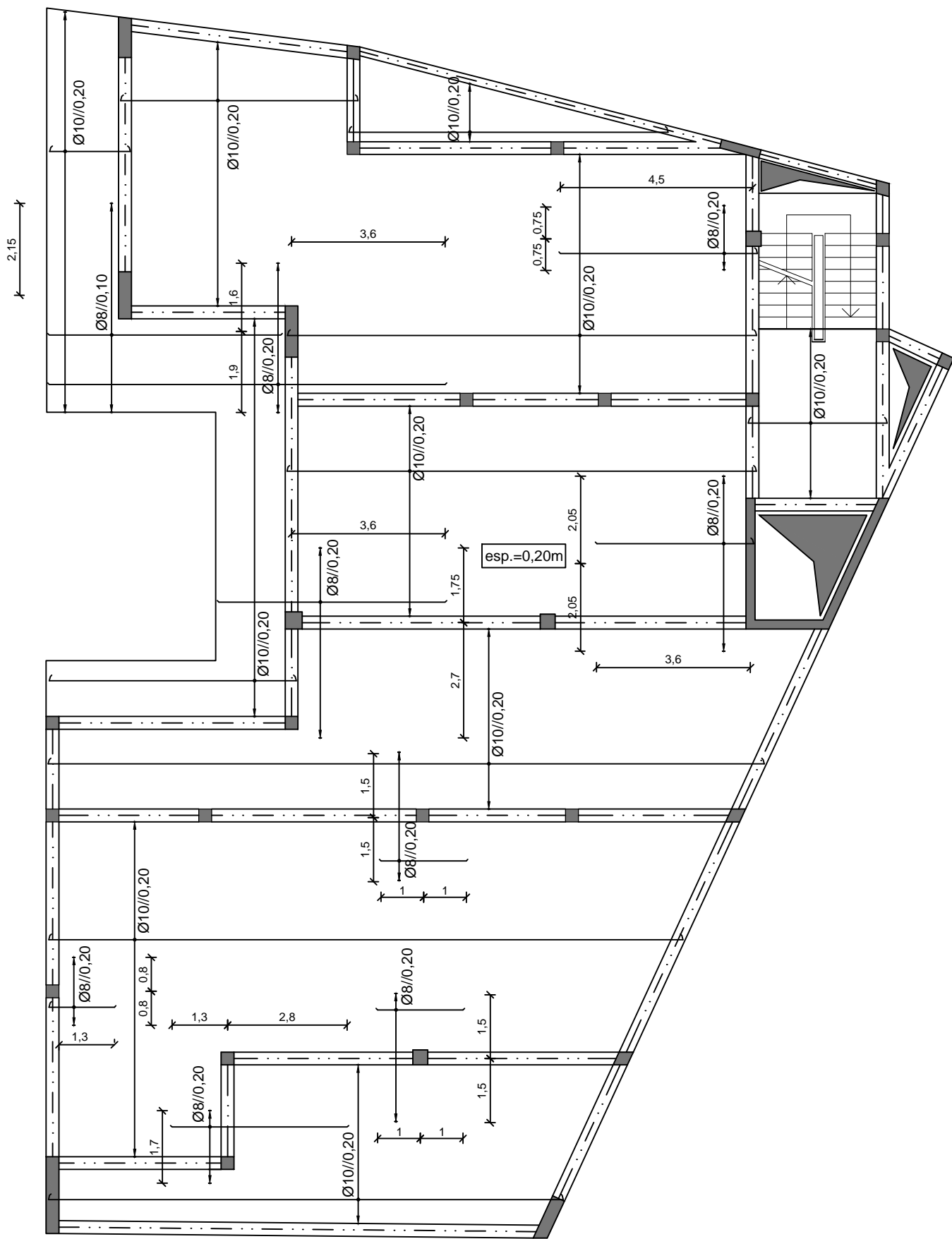
Dezembro de 2014

Formato A1

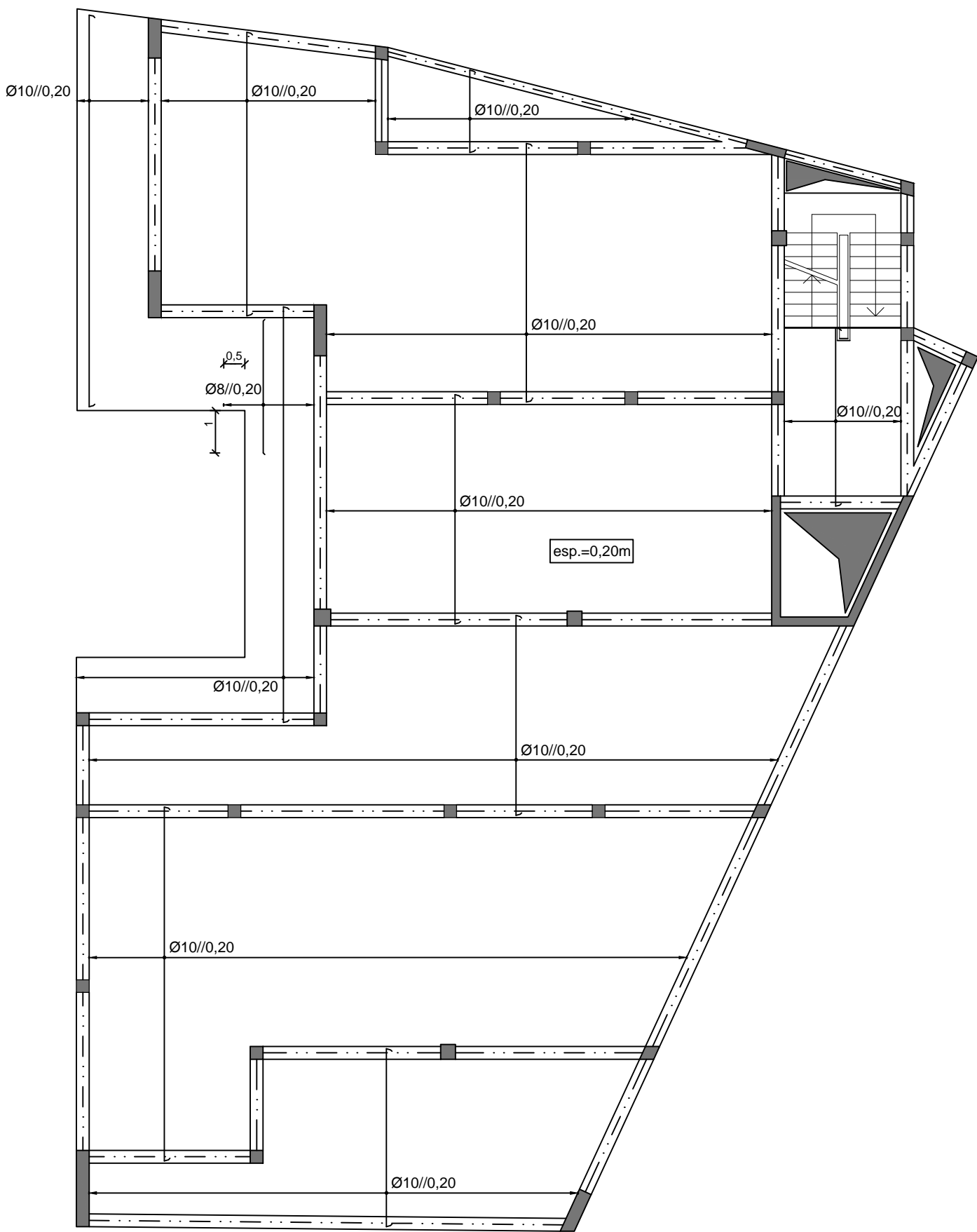
Armadura superior Y - Ay



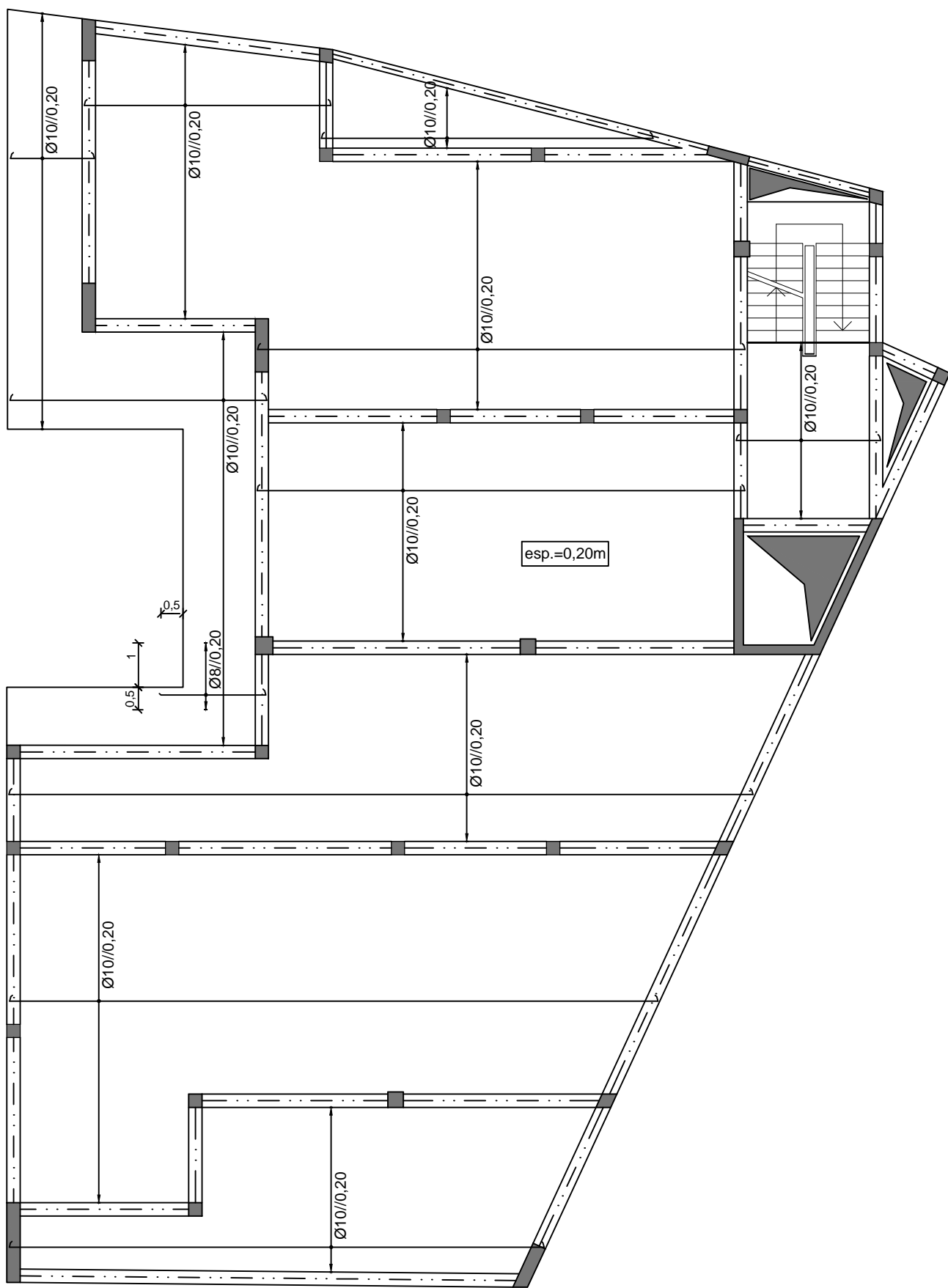
Armadura superior X - Ax



Armadura inferior Y - Ay



Armadura inferior X - Ax



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/125

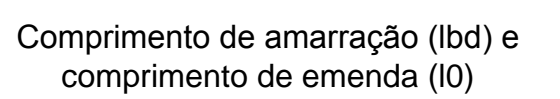
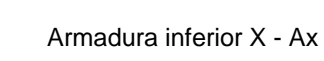
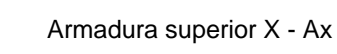
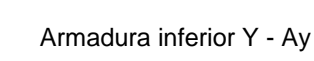
Betão Armado  
Armadura Piso 2

DESENHO N.º

49

Formato A1

Armadura superior Y - Ay



## MATERIALS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) ClO,20 Dmax20 S4 c=45

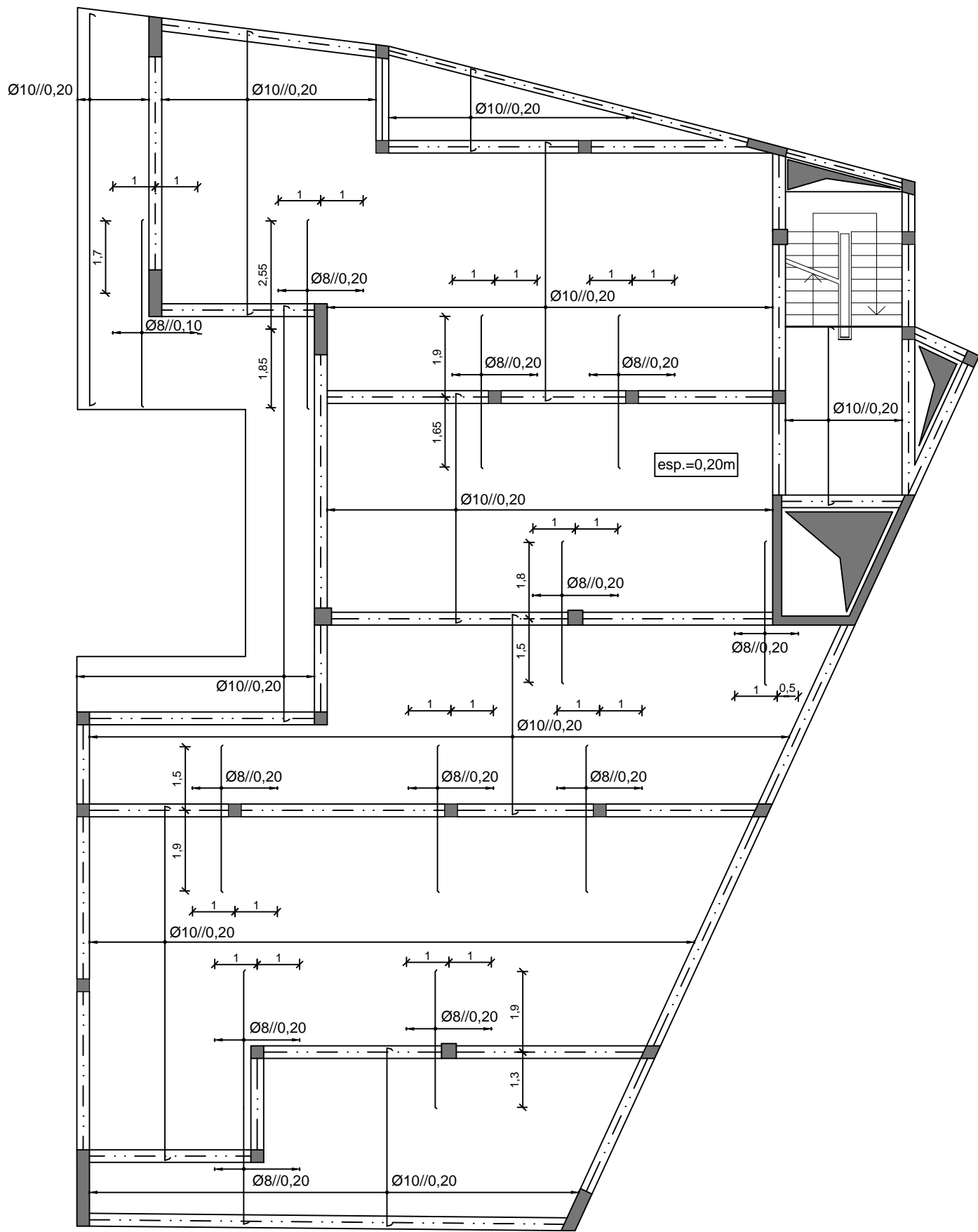
AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

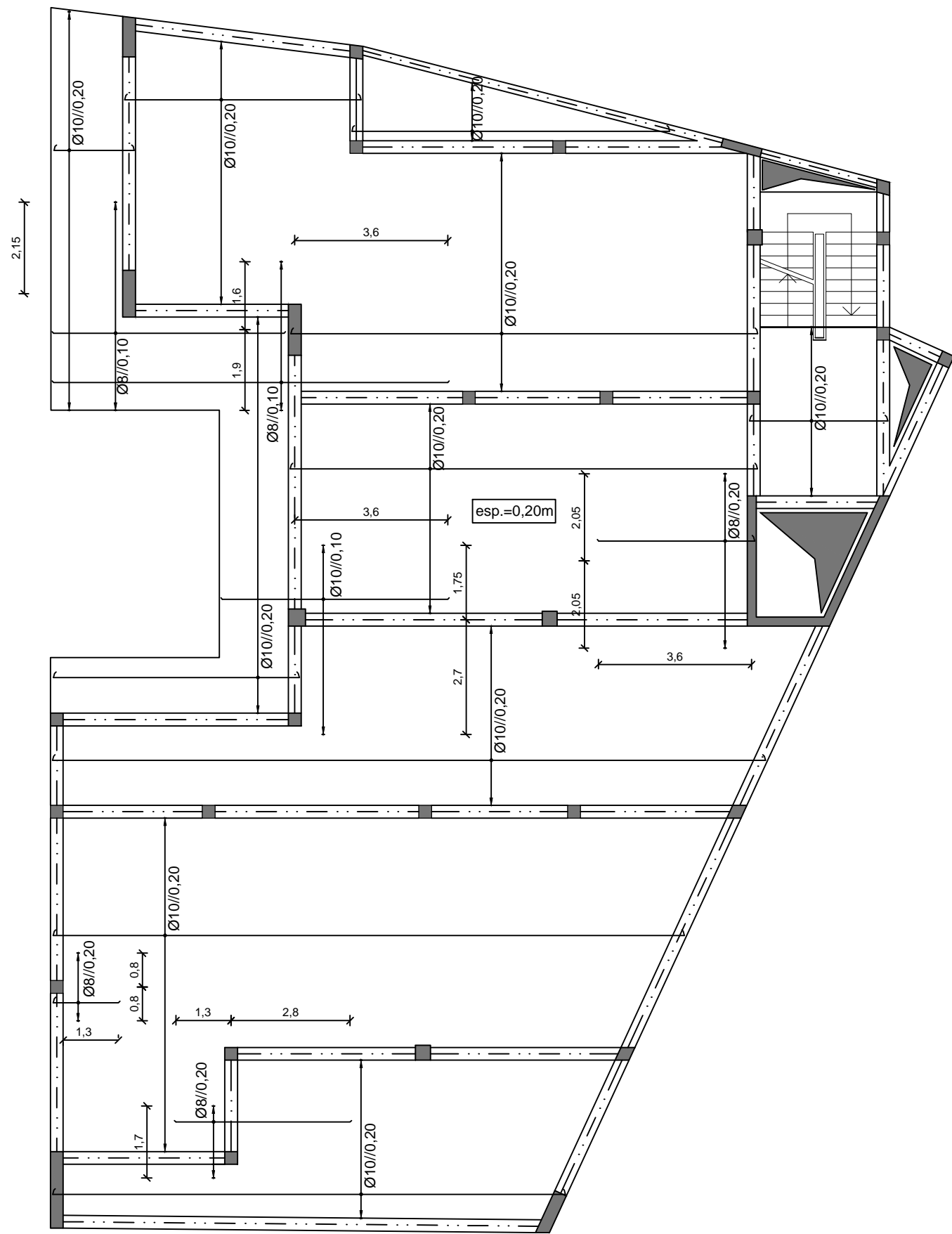
|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  <p><b>ISEL</b><br/>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</p> | <p>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br/>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL</p> |   |  |
|   | <p>Elaborado por:<br/>Pedro Mota<br/>N.º 33009</p>                       | <p>TRABALHO FINAL DE MESTRADO</p>       | <p>ESCALA 1/125</p>                      |
|   | <p>Dezembro de 2014</p>  | <p>Betão Armado<br/>Armadura Piso 3</p> | <p>DESENHO N.º<br/>50<br/>Formato A1</p> |

Piso 4

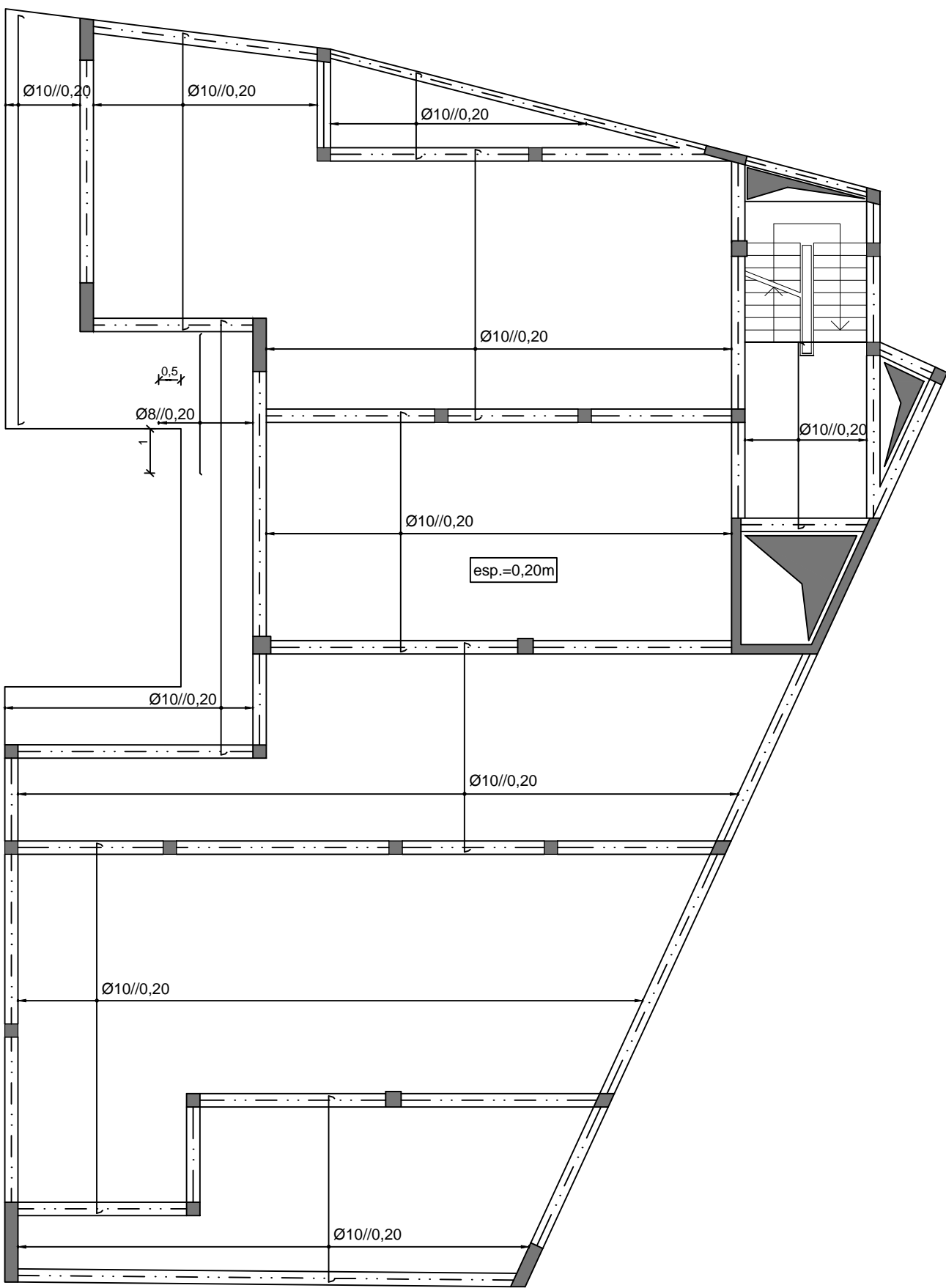
Armadura superior Y - Ay



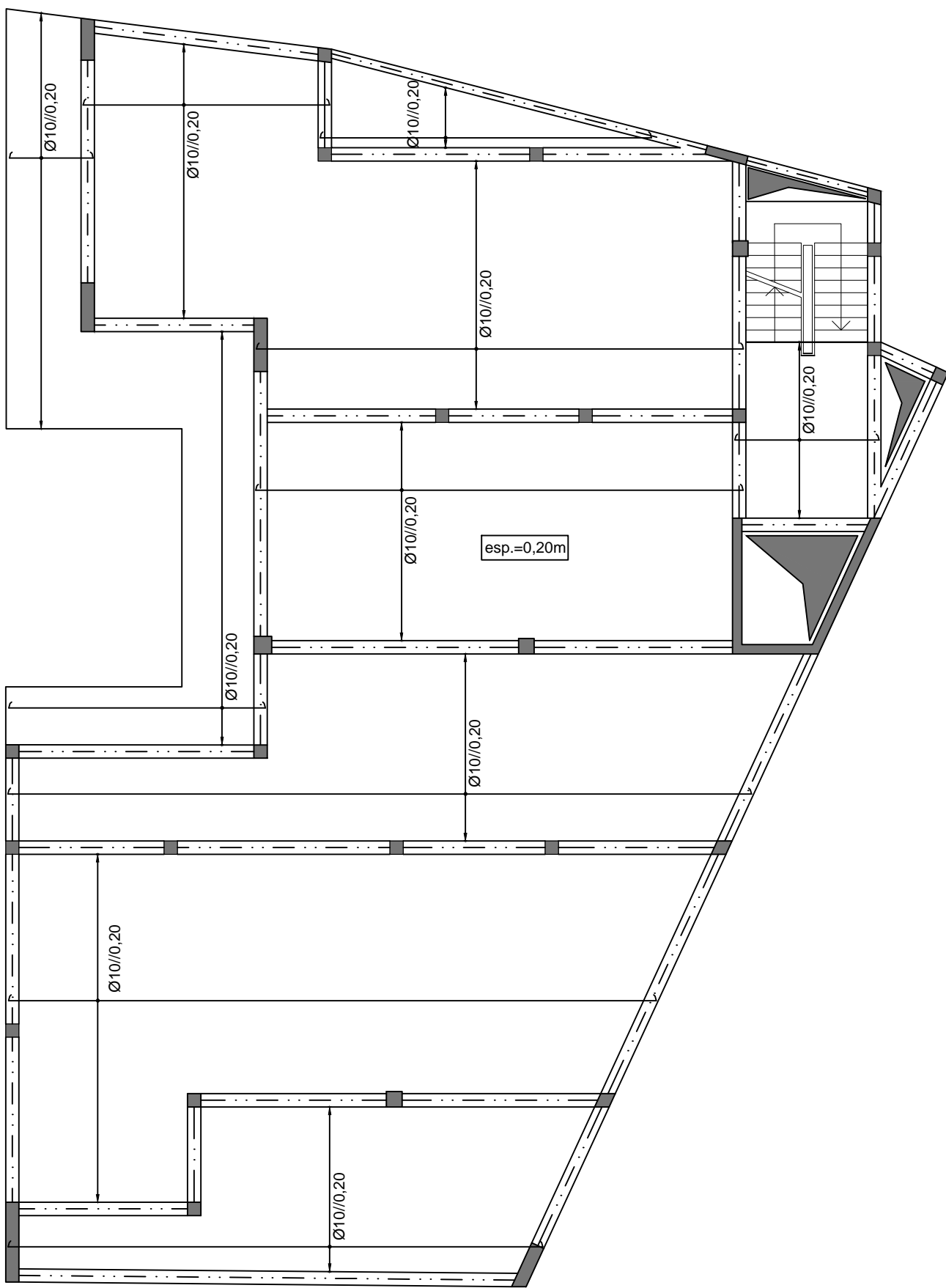
Armadura superior X - Ax



Armadura inferior Y - Ay



Armadura inferior X - Ax



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |

MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Elaborado por:  
Pedro Mota  
N.º 33009

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

ESCALA 1/125

Betão Armado  
Armadura Piso 4

DESENHO N.º

51

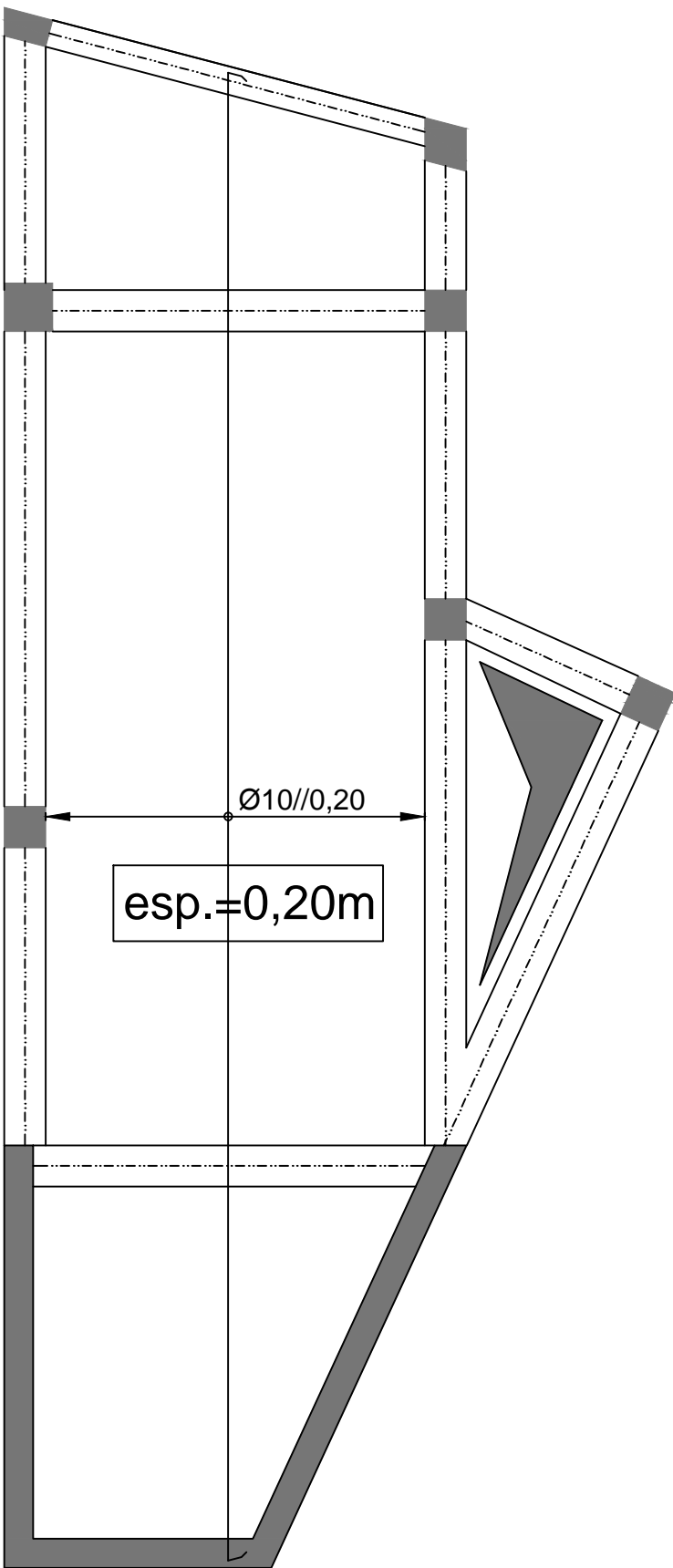
Formato A1

Dezembro de 2014

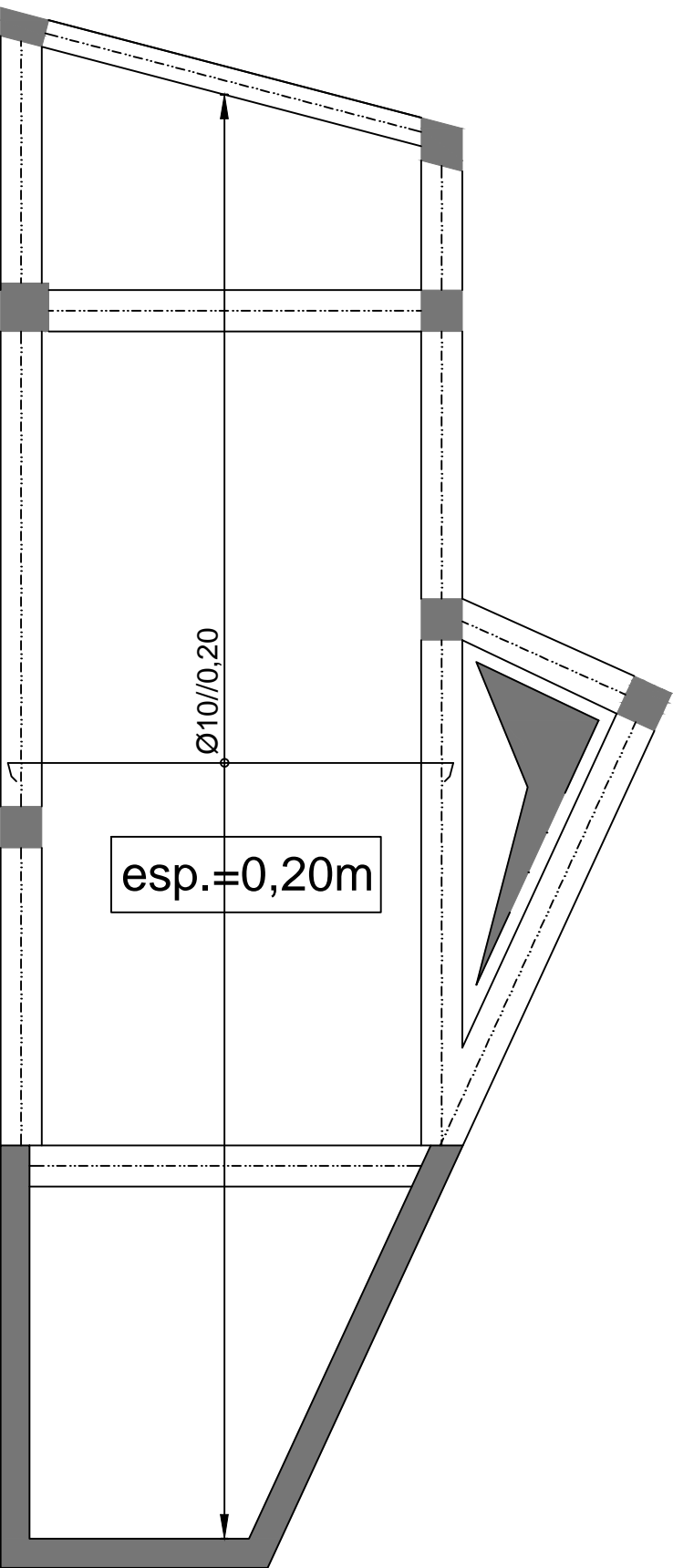


Cobertura

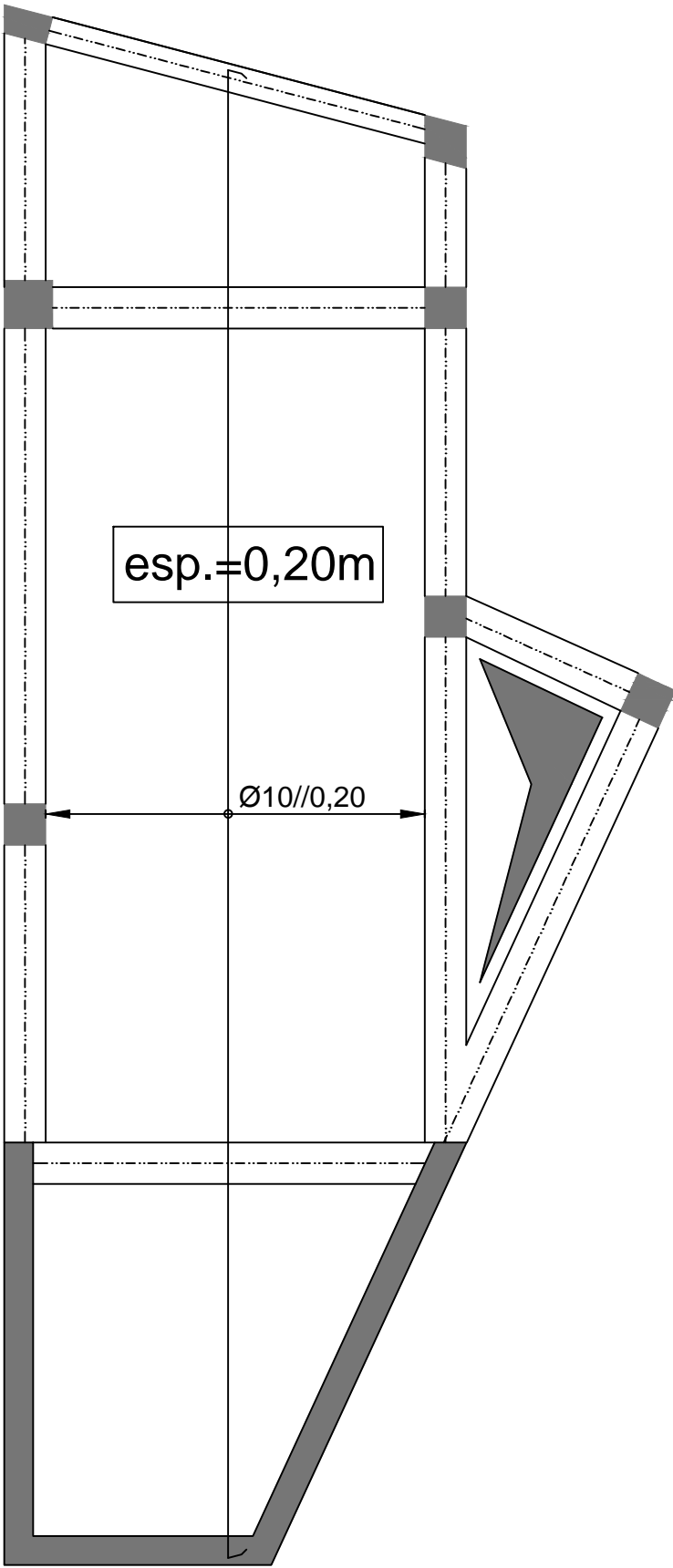
Armadura superior Y - Ay



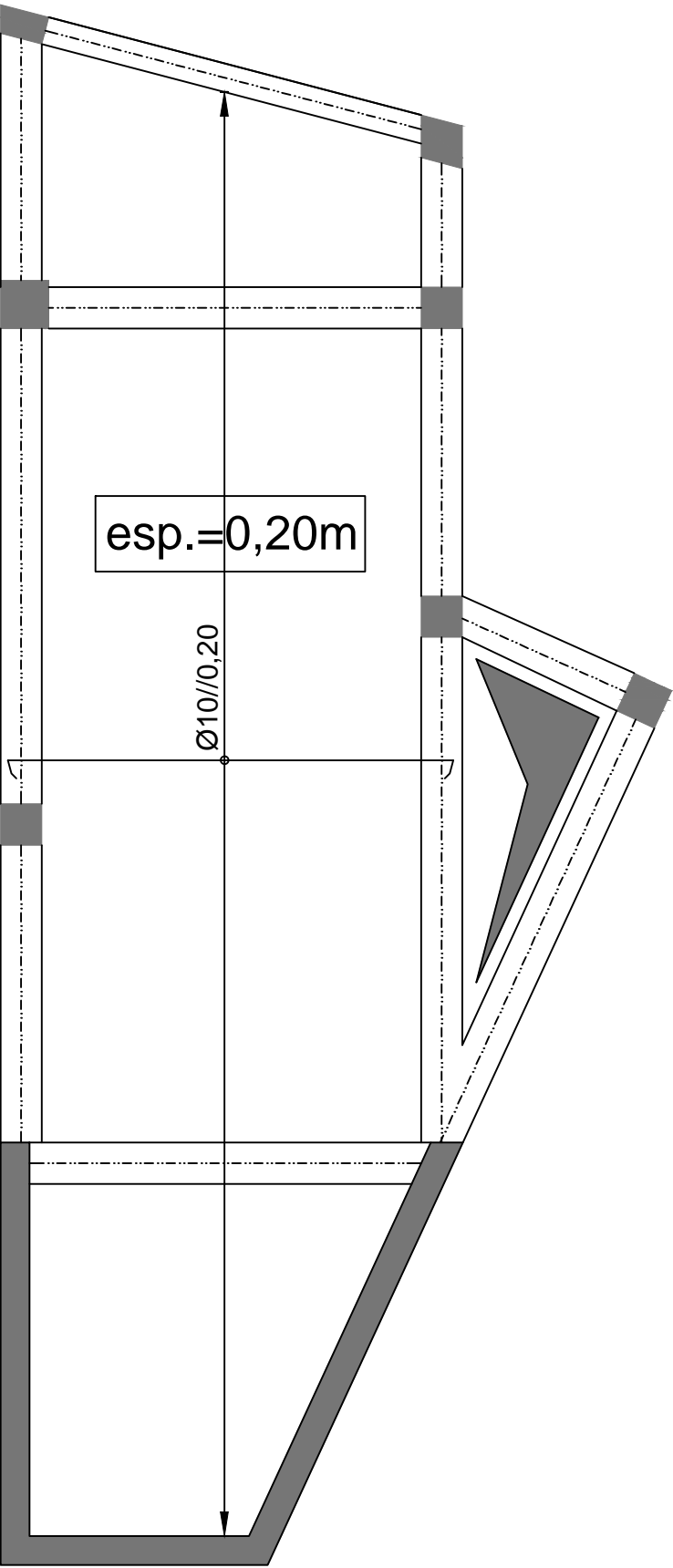
Armadura superior X - Ax



Armadura inferior Y - Ay

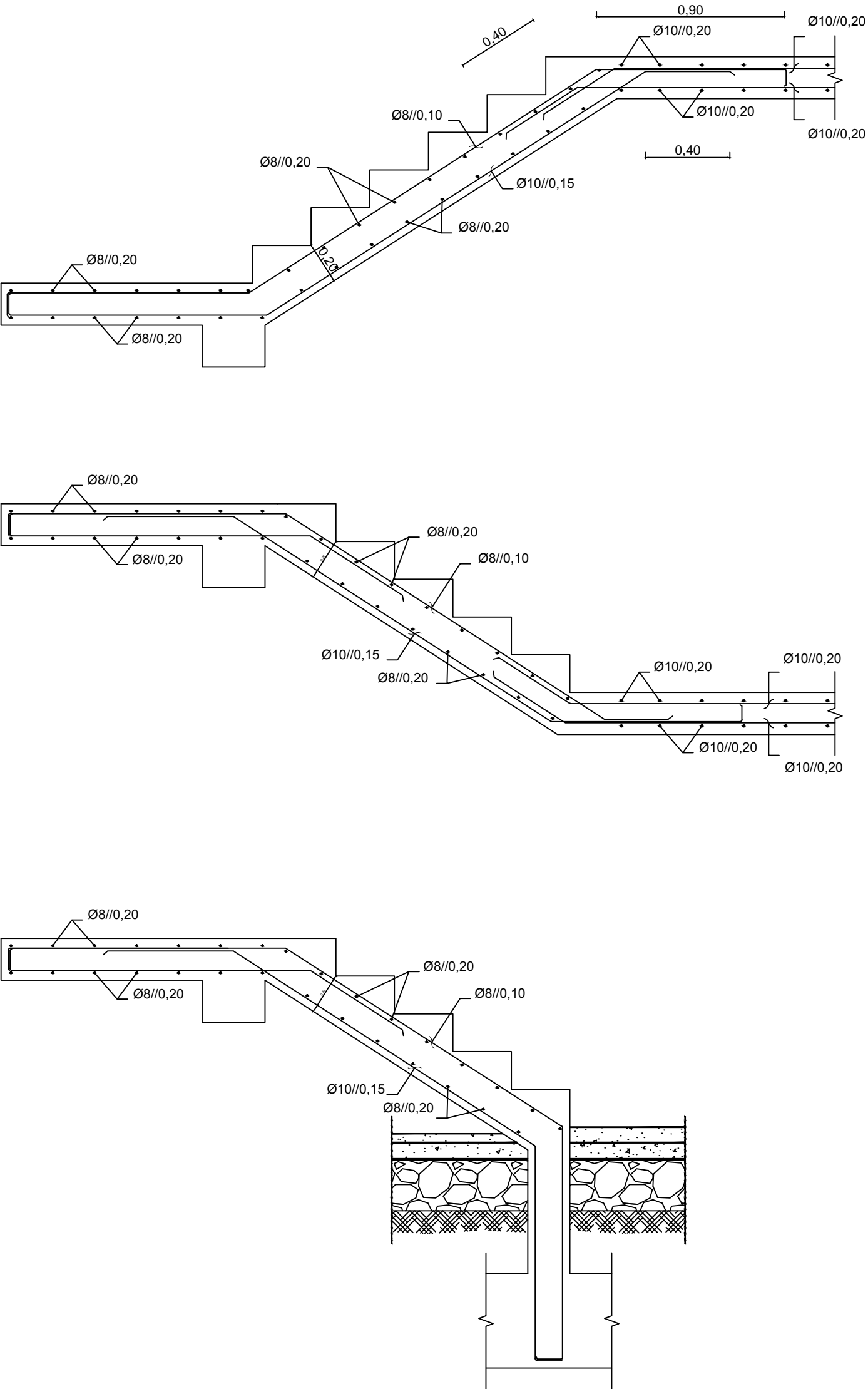


Armadura inferior X - Ax



Laje de escada  
Pormenor tipo

S/esc



Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |


MATERIAIS

BETÃO:

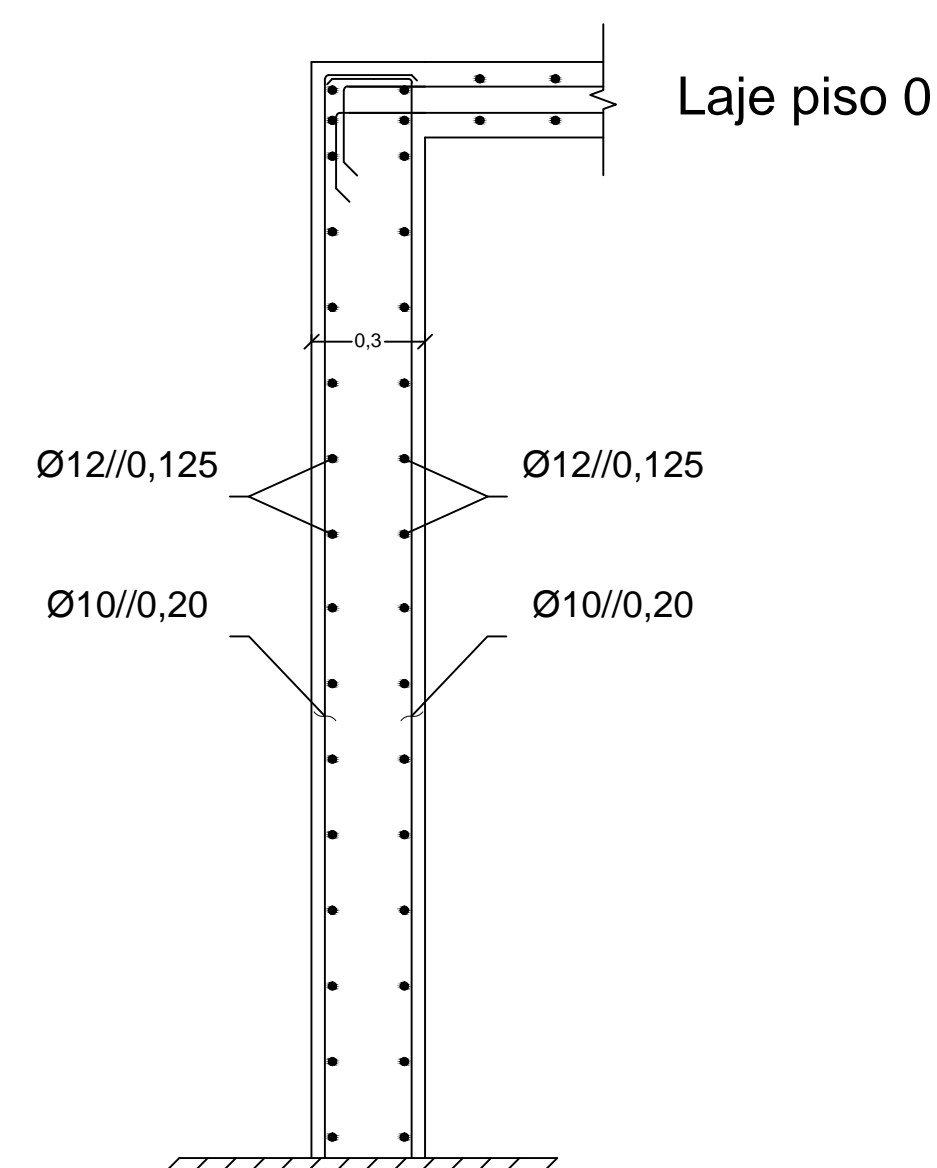
Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) C10,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

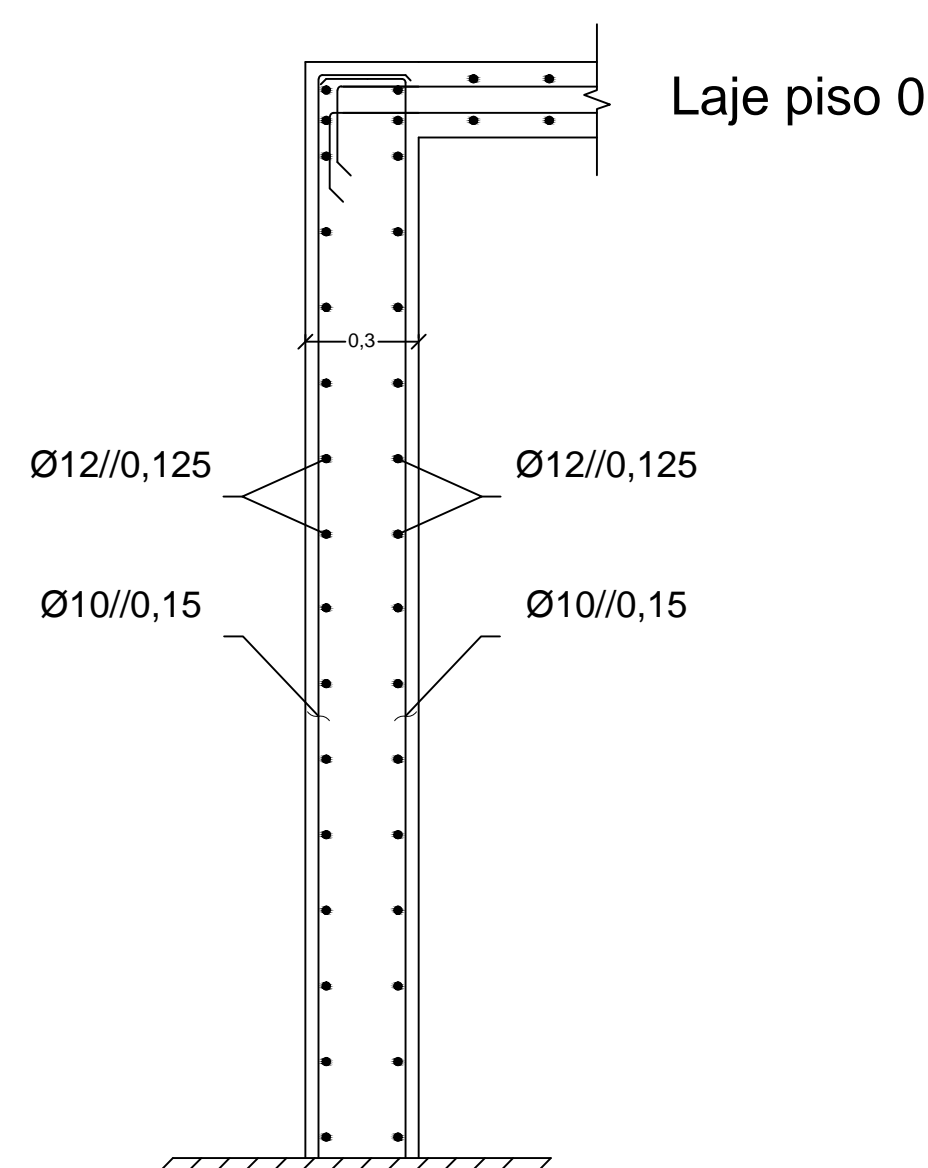
|  |  |  |
|--|--|--|
|  <b>ISEL</b><br><small>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</small> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |  |
|  | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO<br>ESCALA 1/75  |
|  | Dezembro de 2014   | Betão Armado<br>Armadura Cobertura e Laje de escada<br>DESENHO N.º<br>52<br>Formato A1 |

Muro M1, M2, M3, M5, M6, M8



Ver pormenor da sapata

Muro M4 e M7



Ver pormenor da sapata

Comprimento de amarração (lbd) e comprimento de emenda (lo)

| Varão | lbd  | lo   |
|-------|------|------|
| Ø8    | 0,30 | 0,65 |
| Ø10   | 0,40 | 0,80 |
| Ø12   | 0,45 | 0,95 |
| Ø16   | 0,60 | 1,25 |
| Ø20   | 0,75 | 1,60 |
| Ø25   | 0,95 | 1,95 |


MATERIAIS

BETÃO:

Para todos os elementos: NP EN206-1 C30/37 XS1(pt) Cl0,20 Dmax20 S4 c=45

AÇO:

Armaduras ordinárias: A500 NR SD

|  |  |   |
|--|--|---|
| <div><div><b>ISEL</b><br/><small>Instituto Superior de Engenharia de Lisboa</small></div></div> | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL<br>MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL |   |
|  | Elaborado por:<br>Pedro Mota<br>N.º 33009                        | TRABALHO FINAL DE MESTRADO<br>ESCALA 1/20                         |
|  | Dezembro de 2014   | Betão Armado<br>Muros Pormenor<br>DESENHO N.º<br>53<br>Formato A1 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 1. Plantas com as áreas de influência .....  | 7   |
| Anexo 2. Pré-dimensionamento .....   | 11  |
| Anexo 3. Cálculo do centro de rigidez e centro de massa de cada piso .....                 | 22  |
| Anexo 4. Cálculo da torção mínima .....  | 41  |
| Anexo 5. Valores da participação modal .....   | 44  |
| Anexo 6. Espaçamentos máximos das vigas .....  | 45  |
| Anexo 7. Valores das armaduras das vigas .....   | 51  |
| Anexo 8. Comprimentos das zonas críticas e espaçamento da armadura transversal dos pilares | 84  |
| Anexo 9. Valores das armaduras dos pilares .....   | 91  |
| Anexo 10. Diagrama de momentos flectores e esforço transversal das paredes .....           | 112 |
| Anexo 11. Cálculo das paredes .....  | 114 |
| Anexo 12. Gráficos com os valores das armaduras das lajes e escadas .....                  | 122 |
| Anexo 13. Cálculo das sapatas .....  | 150 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1.1 - Áreas de influência Cobertura .....                             | 7   |
| Figura 1.2 - Áreas de influência Pisos 4, 3 e 2 .....                        | 8   |
| Figura 1.3 - Áreas de influência piso 1 .....                                | 9   |
| Figura 1.4 - Áreas de influência piso 0 .....                                | 10  |
| Figura 9.1 - Envolvente do diagrama de momentos flectores da parede P1 ..... | 112 |
| Figura 9.2 - Envolvente do diagrama de esforço transverso da parede P1 ..... | 113 |
| Figura 11.1 - Armadura inferior da cobertura na direcção X .....             | 122 |
| Figura 11.2 - Armadura inferior da cobertura na direcção Y .....             | 123 |
| Figura 11.3 - Armadura superior da cobertura na direcção X .....             | 124 |
| Figura 11.4 - Armadura superior da cobertura na direcção Y .....             | 125 |
| Figura 11.5 - Armadura inferior do piso 4 na direcção X .....                | 126 |
| Figura 11.6 - Armadura inferior do piso 4 na direcção Y .....                | 127 |
| Figura 11.7 - Armadura superior do piso 4 na direcção X .....                | 128 |
| Figura 11.8 - Armadura superior do piso 4 na direcção Y .....                | 129 |
| Figura 11.9 - Armadura inferior do piso 3 na direcção X .....                | 130 |
| Figura 11.10 - Armadura inferior do piso 3 na direcção Y .....               | 131 |
| Figura 11.11 - Armadura superior do piso 3 na direcção X .....               | 132 |
| Figura 11.12 - Armadura superior do piso 3 na direcção Y .....               | 133 |
| Figura 11.13 - Armadura inferior do piso 2 na direcção X .....               | 134 |
| Figura 11.14 - Armadura inferior do piso 2 na direcção Y .....               | 135 |
| Figura 11.15 - Armadura superior do piso 2 na direcção X .....               | 136 |
| Figura 11.16 - Armadura superior do piso 2 na direcção Y .....               | 137 |
| Figura 11.17 - Armadura inferior do piso 1 na direcção X .....               | 138 |
| Figura 11.18 - Armadura inferior do piso 1 na direcção Y .....               | 139 |
| Figura 11.19 - Armadura superior do piso 1 na direcção X .....               | 140 |
| Figura 11.20 - Armadura superior do piso 1 na direcção Y .....               | 141 |
| Figura 11.21 - Armadura inferior do piso 0 na direcção X .....               | 142 |
| Figura 11.22 - Armadura inferior do piso 0 na direcção Y .....               | 143 |
| Figura 11.23 - Armadura superior do piso 0 na direcção X .....               | 144 |
| Figura 11.24 - Armadura superior do piso 0 na direcção Y .....               | 145 |
| Figura 11.25 - Armadura inferior das escadas na direcção X .....             | 146 |
| Figura 11.26 - Armadura inferior das escadas na direcção Y .....             | 147 |
| Figura 11.27 - Armadura superior das escadas na direcção X .....             | 148 |
| Figura 11.28 - Armadura superior das escadas na direcção Y .....             | 149 |

## ÍNDICE DE TABELAS

---

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 - Valor das áreas de influência .....                  | 11 |
| Tabela 2.2 - Esforços sobre os pilares da Cobertura.....          | 12 |
| Tabela 2.3 - Esforços sobre os pilares do Piso 4 .....            | 13 |
| Tabela 2.4 - Esforços sobre os pilares do Piso 3 .....            | 14 |
| Tabela 2.5 - Esforços sobre os pilares do Piso 2 .....            | 15 |
| Tabela 2.6 - Esforços sobre os pilares do Piso 1 .....            | 16 |
| Tabela 2.7 - Esforços sobre os pilares do Piso 0 .....            | 17 |
| Tabela 2.8 - Secções dos pilares.....                             | 18 |
| Tabela 2.9 - Altura das vigas.....                                | 20 |
| Tabela 2.10 - Espessura das lajes .....                           | 21 |
| Tabela 3.1 - Centro de rigidez da Cobertura .....                 | 22 |
| Tabela 3.2 - Centro de rigidez do Piso 4.....                     | 23 |
| Tabela 3.3 - Centro de rigidez do Piso 3.....                     | 24 |
| Tabela 3.4 - Centro de rigidez do Piso 2.....                     | 25 |
| Tabela 3.5 - Centro de rigidez do Piso 1 .....                    | 25 |
| Tabela 3.6 - Centro de massa da Cobertura.....                    | 26 |
| Tabela 3.7 - Centro de massa do Piso 4 .....                      | 30 |
| Tabela 3.8 - Centro de massa do Piso 3 .....                      | 33 |
| Tabela 3.9 - Centro de massa do Piso 2 .....                      | 36 |
| Tabela 3.10 - Centro de massa do Piso 1 .....                     | 40 |
| Tabela 4.1 - Rigidezes de translação e rotação da Cobertura ..... | 41 |
| Tabela 4.2 - Raio de giração da Cobertura.....                    | 41 |
| Tabela 4.3 - Verificação da torção mínima da Cobertura.....       | 41 |
| Tabela 4.4 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 4.....     | 41 |
| Tabela 4.5 - Raio de giração do Piso 4 .....                      | 41 |
| Tabela 4.6 - Verificação da torção mínima do Piso 4.....          | 41 |
| Tabela 4.7 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 3.....     | 42 |
| Tabela 4.8 - Raio de giração do Piso 3 .....                      | 42 |
| Tabela 4.9 - Verificação da torção mínima do Piso 3.....          | 42 |
| Tabela 4.10 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 2.....    | 42 |
| Tabela 4.11 - Raio de giração do Piso 2.....                      | 42 |
| Tabela 4.12 - Verificação da torção mínima do Piso 2 .....        | 42 |
| Tabela 4.13 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 1 .....   | 43 |
| Tabela 4.14 - Raio de giração do Piso 1.....                      | 43 |
| Tabela 4.15 - Verificação da torção mínima do Piso 1 .....        | 43 |
| Tabela 5.1 - Valores da participação modal do edifício.....       | 44 |
| Tabela 6.1 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 0.....        | 46 |
| Tabela 6.2 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 1 .....       | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 6.3 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 2.....  | 48 |
| Tabela 6.4 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 3.....  | 49 |
| Tabela 6.5 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 4.....  | 50 |
| Tabela 6.6 - Espaçamentos máximos das vigas da Cobertura .....  | 50 |
| Tabela 7.1 - Armadura longitudinal das vigas de fundação .....  | 52 |
| Tabela 7.2 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 0.....   | 53 |
| Tabela 7.3 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 1.....   | 56 |
| Tabela 7.4 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 2.....   | 58 |
| Tabela 7.5 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 3.....   | 60 |
| Tabela 7.6 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 4.....   | 62 |
| Tabela 7.7 - Armadura longitudinal das vigas da Cobertura .....                                       | 62 |
| Tabela 7.8 - Armadura transversal das vigas de fundação .....   | 63 |
| Tabela 7.9 - Armadura transversal das vigas do Piso 0.....  | 65 |
| Tabela 7.10 - Armadura transversal das vigas do Piso 1.....   | 67 |
| Tabela 7.11 - Armadura transversal das vigas do Piso 2.....   | 68 |
| Tabela 7.12 - Armadura transversal das vigas do Piso 3.....   | 70 |
| Tabela 7.13 - Armadura transversal das vigas do Piso 4.....   | 72 |
| Tabela 7.14 - Armadura transversal das vigas da Cobertura .....                                       | 73 |
| Tabela 7.15 - Taxa de armadura das vigas do Piso 0.....   | 75 |
| Tabela 7.16 - Taxa de armadura das vigas do Piso 1 .....  | 77 |
| Tabela 7.17 - Taxa de armadura das vigas do Piso 2 .....  | 79 |
| Tabela 7.18 - Taxa de armadura das vigas do Piso 3 .....  | 81 |
| Tabela 7.19 - Taxa de armadura das vigas do Piso 4 .....  | 83 |
| Tabela 7.20 - Taxa de armadura das vigas da Cobertura .....   | 83 |
| Tabela 8.1 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 0. | 84 |
| Tabela 8.2 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 1. | 85 |
| Tabela 8.3 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 2. | 86 |
| Tabela 8.4 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 3. | 86 |
| Tabela 8.5 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 4. | 87 |
| Tabela 8.6 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 0 .....  | 87 |
| Tabela 8.7 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 1 .....  | 88 |
| Tabela 8.8 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 2 .....  | 89 |
| Tabela 8.9 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 3 .....  | 90 |
| Tabela 8.10 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 4 ..... | 90 |
| Tabela 9.1 - Armadura longitudinal dos pilares da Cave .....  | 91 |
| Tabela 9.2 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 0 .....  | 92 |
| Tabela 9.3 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 1 .....  | 93 |
| Tabela 9.4 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 2 .....  | 93 |
| Tabela 9.5 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 3 .....  | 94 |
| Tabela 9.6 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 4 .....  | 94 |
| Tabela 9.7 - Armadura transversal dos pilares da Cave .....   | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 9.8 - Armadura transversal dos pilares do Piso 0 .....                                     | 97  |
| Tabela 9.9 - Armadura transversal dos pilares do Piso 1 .....                                     | 98  |
| Tabela 9.10 - Armadura transversal dos pilares do Piso 2 .....                                    | 99  |
| Tabela 9.11 - Armadura transversal dos pilares do Piso 3 .....                                    | 101 |
| Tabela 9.12 - Armadura transversal dos pilares do Piso 4 .....                                    | 101 |
| Tabela 9.13 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 0 .....                | 103 |
| Tabela 9.14 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 1 .....                | 104 |
| Tabela 9.15 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 2 .....                | 105 |
| Tabela 9.16 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 3 .....                | 107 |
| Tabela 9.17 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 4 .....                | 107 |
| Tabela 9.18 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 0 .....                              | 109 |
| Tabela 9.19 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 1 .....                              | 110 |
| Tabela 9.20 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 2 .....                              | 111 |
| Tabela 11.1 - Características da parede P10.....  | 114 |
| Tabela 11.2 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede P10.....                          | 114 |
| Tabela 11.3 - Armadura vertical da alma da parede P10 .....                                       | 114 |
| Tabela 11.4 - Armadura horizontal da alma da parede P10 .....                                     | 114 |
| Tabela 11.5 - Verificação da armadura vertical da parede P10 .....                                | 114 |
| Tabela 11.6 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede P10.....                     | 115 |
| Tabela 11.7 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede P10.....                  | 115 |
| Tabela 11.8 - Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede P10.....  | 115 |
| Tabela 11.9 - Características da parede N1 .....  | 115 |
| Tabela 11.10 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N1 .....                         | 115 |
| Tabela 11.11 - Armadura vertical da alma da parede N1 .....                                       | 116 |
| Tabela 11.12 - Armadura horizontal da alma da parede N1 .....                                     | 116 |
| Tabela 11.13 - Verificação da armadura vertical da parede N1.....                                 | 116 |
| Tabela 11.14 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N1 .....                    | 116 |
| Tabela 11.15 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede N1 .....                 | 116 |
| Tabela 11.16 - Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede N1 ..... | 116 |
| Tabela 11.17 - Características da parede N2 .....   | 117 |
| Tabela 11.18 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N2 .....                         | 117 |
| Tabela 11.19 - Armadura vertical da alma da parede N2.....  | 117 |
| Tabela 11.20 - Armadura horizontal da alma da parede N2.....                                      | 117 |
| Tabela 11.21 - Verificação da armadura vertical da parede N2.....                                 | 117 |
| Tabela 11.22 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N2 .....                    | 118 |
| Tabela 11.23 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede N2.....                  | 118 |
| Tabela 11.24 - Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede N2 ..... | 118 |
| Tabela 11.25 - Características da parede N3 .....   | 118 |
| Tabela 11.26 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N3 .....                         | 118 |
| Tabela 11.27 - Armadura vertical da alma da parede N3.....  | 119 |
| Tabela 11.28 - Armadura horizontal da alma da parede N3.....                                      | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 11.29 - Verificação da armadura vertical da parede N3.....                                 | 119 |
| Tabela 11.30 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N3 .....                    | 119 |
| Tabela 11.31 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede N3.....                  | 119 |
| Tabela 11.32 - Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede N3 ..... | 120 |
| Tabela 11.33 - Armadura no pilar comum das paredes N1 e N2.....                                   | 120 |
| Tabela 11.34 - Armadura no pilar comum das paredes N2 e N3.....                                   | 120 |
| Tabela 11.35 - Espaçamento das cintas do núcleo.....  | 121 |
| Tabela 11.36 - Verificação da ductilidade do núcleo.....  | 121 |
| Tabela 13.1 - Dimensões das sapatas centradas .....   | 150 |
| Tabela 13.2 - Verificação da segurança do solo das sapatas centradas.....                         | 151 |
| Tabela 13.3 - Armadura das sapatas centradas na direcção X.....                                   | 152 |
| Tabela 13.4 - Armadura das sapatas centradas na direcção Y.....                                   | 153 |
| Tabela 13.5 - Dimensões das sapatas isoladas .....  | 153 |
| Tabela 13.6 - Verificação da segurança do solo das sapatas isoladas .....                         | 153 |
| Tabela 13.7 - Armadura das sapatas isoladas na direcção X.....                                    | 154 |
| Tabela 13.8 - Armadura das sapatas isoladas na direcção Y .....                                   | 154 |
| Tabela 13.9 - Dimensões das sapatas dos muros.....  | 154 |
| Tabela 13.10 - Verificação da segurança do solo dos muros.....                                    | 155 |
| Tabela 13.11 - Armadura das sapatas dos muros nas duas direcções .....                            | 155 |



## Anexo 1. Plantas com as áreas de influência

### Cobertura

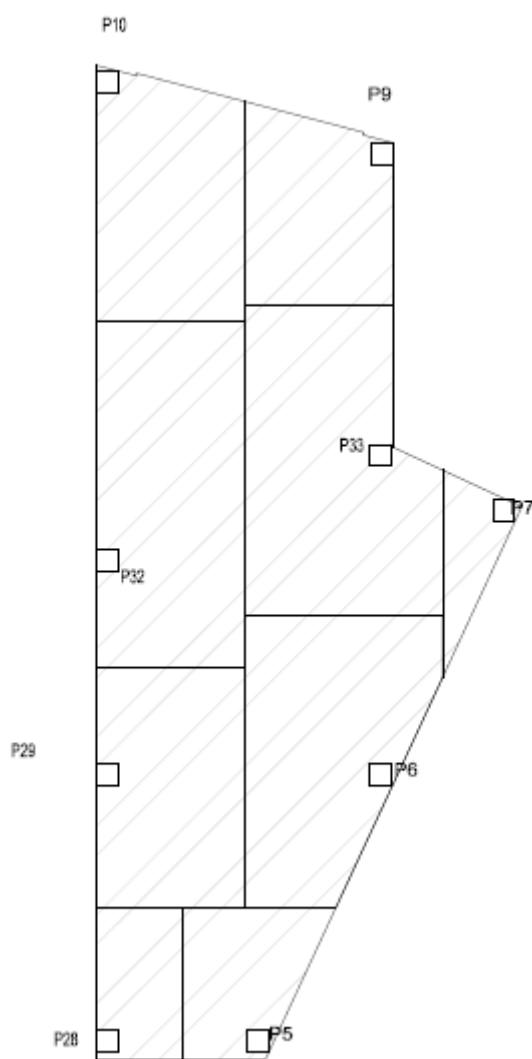
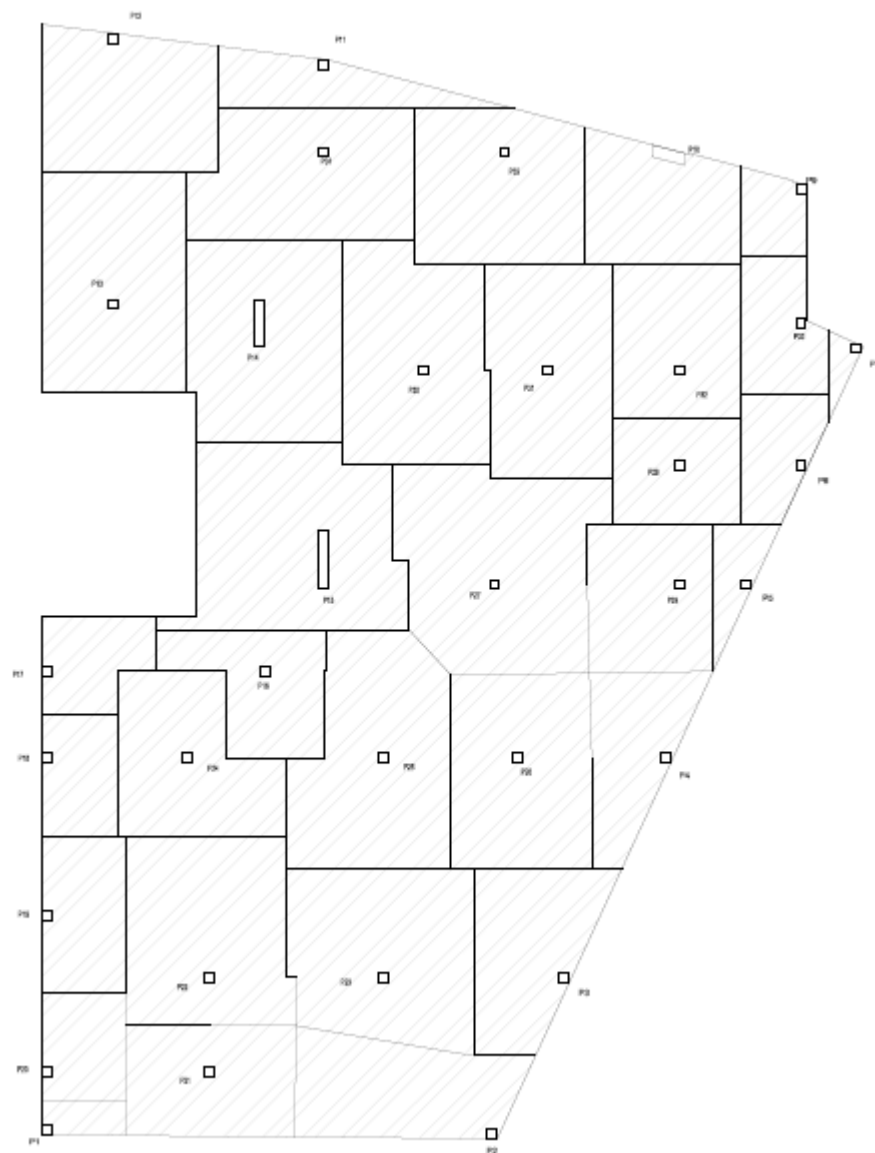


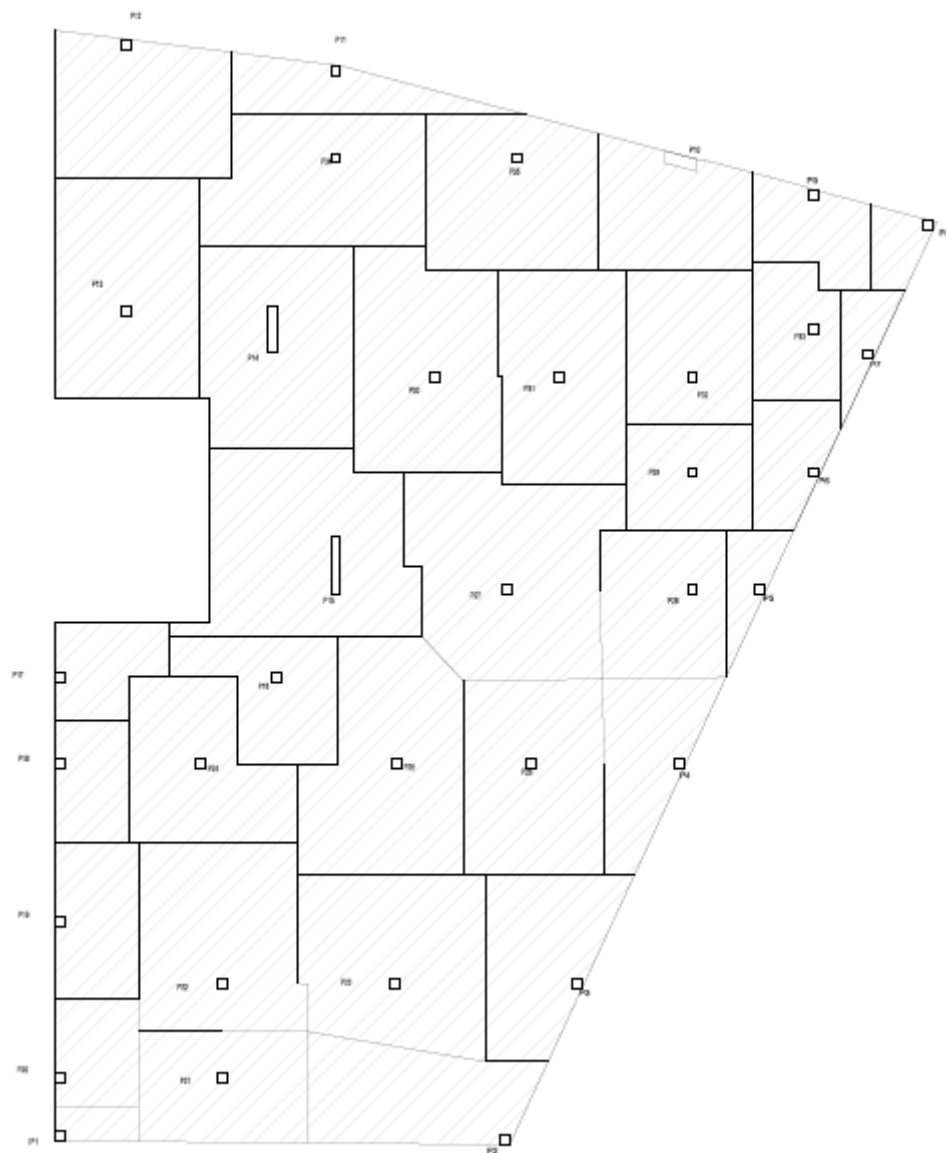
Figura 1.1 - Áreas de influência Cobertura

Pisos 4,3 e 2



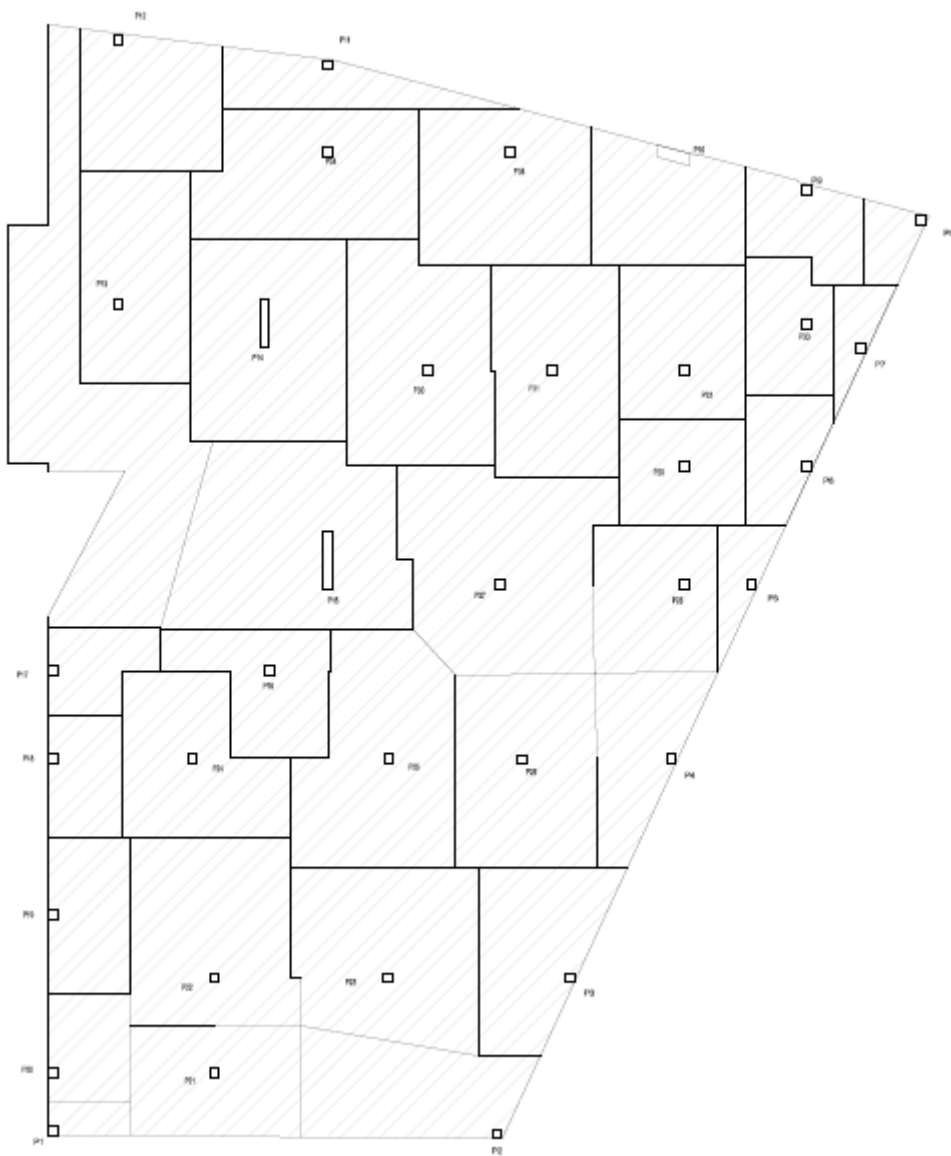
**Figura 1.2 - Áreas de influência Pisos 4, 3 e 2**

Piso 1



**Figura 1.3 - Áreas de influência piso 1**

Piso 0



**Figura 1.4 - Áreas de influência piso 0**

## Anexo 2. Pré-dimensionamento

| Áreas de influência (m <sup>2</sup> ) |           |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Elemento                              | Cobertura | Piso 4 | Piso 3 | Piso 2 | Piso 1 | Piso 0 |
| P1                                    | -         | 1,840  | 1,840  | 1,840  | 1,840  | 1,840  |
| P2                                    | -         | 13,970 | 13,970 | 13,970 | 13,970 | 13,970 |
| P3                                    | -         | 13,250 | 13,250 | 13,250 | 13,250 | 13,250 |
| P4                                    | -         | 9,980  | 9,980  | 9,980  | 9,980  | 9,980  |
| P5                                    | 2,310     | 3,260  | 3,260  | 3,260  | 3,260  | 3,260  |
| P6                                    | 6,000     | 5,990  | 5,990  | 5,990  | 5,990  | 5,990  |
| P7                                    | 1,030     | 1,020  | 1,020  | 1,020  | 1,020  | 2,930  |
| P8                                    | -         | -      | -      | -      | 2,600  | 2,600  |
| P9                                    | 3,540     | 3,540  | 3,540  | 3,540  | 3,540  | 6,760  |
| P10                                   | 4,590     | 11,950 | 11,950 | 11,950 | 11,950 | 11,950 |
| P11                                   | -         | 7,080  | 7,080  | 7,080  | 7,080  | 7,080  |
| P12                                   | -         | 16,060 | 16,060 | 16,060 | 16,060 | 12,850 |
| P13                                   | -         | 21,270 | 21,270 | 21,270 | 21,270 | 15,730 |
| P14                                   | -         | 20,390 | 20,390 | 20,390 | 20,390 | 20,740 |
| P15                                   | -         | 24,700 | 24,700 | 24,700 | 24,700 | 26,310 |
| P16                                   | -         | 10,370 | 10,370 | 10,370 | 10,370 | 10,360 |
| P17                                   | -         | 6,270  | 6,270  | 6,270  | 6,270  | 5,470  |
| P18                                   | -         | 6,090  | 6,090  | 6,090  | 6,090  | 6,080  |
| P19                                   | -         | 8,750  | 8,750  | 8,750  | 8,750  | 8,750  |
| P20                                   | -         | 5,960  | 5,960  | 5,960  | 5,960  | 5,960  |
| P21                                   | -         | 12,590 | 12,590 | 12,590 | 12,590 | 12,590 |
| P22                                   | -         | 20,490 | 20,490 | 20,490 | 20,490 | 20,490 |
| P23                                   | -         | 21,380 | 21,380 | 21,380 | 21,380 | 21,380 |
| P24                                   | -         | 15,200 | 15,200 | 15,200 | 15,200 | 15,200 |
| P25                                   | -         | 22,420 | 22,420 | 22,420 | 22,420 | 22,420 |
| P26                                   | -         | 18,300 | 18,300 | 18,300 | 18,300 | 18,300 |
| P27                                   | -         | 25,620 | 25,620 | 25,620 | 25,620 | 25,620 |
| P28                                   | 1,670     | 12,330 | 12,330 | 12,330 | 12,330 | 12,330 |
| P29                                   | 4,660     | 9,080  | 9,080  | 9,080  | 9,080  | 9,080  |
| P30                                   | -         | 20,890 | 20,890 | 20,890 | 20,890 | 20,890 |
| P31                                   | -         | 18,030 | 18,030 | 18,030 | 18,030 | 18,030 |
| P32                                   | 6,720     | 13,090 | 13,090 | 13,090 | 13,090 | 13,090 |
| P33                                   | 7,090     | 7,090  | 7,090  | 7,090  | 7,090  | 7,700  |
| P34                                   | -         | 18,720 | 18,720 | 18,720 | 18,720 | 18,720 |
| P35                                   | -         | 17,490 | 17,490 | 17,490 | 17,490 | 17,490 |

Tabela 2.1 - Valor das áreas de influência

| Esforços sobre os pilares Cobertura |                              |                          |                         |           |                 |        |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|--------|
| Elemento                            | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN     |
| P1                                  | -                            |                          | -                       | -         | -               | -      |
| P2                                  | -                            |                          | -                       | -         | -               | -      |
| P3                                  | -                            |                          | -                       | -         | -               | -      |
| P4                                  | -                            |                          | -                       | -         | -               | -      |
| P5                                  | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,310     | -               | 34,130 |
| P6                                  | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 8,220     | -               | 97,641 |
| P7                                  | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,490     | -               | 21,131 |
| P8                                  | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P9                                  | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,350     | -               | 51,534 |
| P10                                 | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,400     | -               | 67,048 |
| P11                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P12                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P13                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P14                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P15                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P16                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P17                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P18                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P19                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P20                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P21                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P22                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P23                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P24                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P25                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P26                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P27                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P28                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P29                                 | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,350     | -               | 67,596 |
| P30                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P31                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P32                                 | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,000     | -               | 88,272 |
| P33                                 | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,390     | -               | 93,820 |
| P34                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |
| P35                                 | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -      |

**Tabela 2.2 - Esforços sobre os pilares da Cobertura**

| Esforços sobre os pilares Piso 4 |                              |                          |                         |           |                 |         |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
| Elemento                         | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN      |
| P1                               | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,670     | -               | 30,548  |
| P2                               | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 7,350     | -               | 179,596 |
| P3                               | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 7,730     | -               | 173,413 |
| P4                               | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 7,540     | -               | 137,573 |
| P5                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,310     | 2,310           | 73,012  |
| P6                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,220     | 8,220           | 199,845 |
| P7                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,490     | 2,490           | 52,046  |
| P8                               | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -       |
| P9                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,350     | 3,350           | 93,189  |
| P10                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,400     | 4,400           | 200,421 |
| P11                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,870     | -               | 91,607  |
| P12                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 6,190     | -               | 197,313 |
| P13                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 5,340     | -               | 249,748 |
| P14                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,520     | -               | 236,989 |
| P15                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 8,510     | -               | 299,373 |
| P16                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,520     | -               | 121,424 |
| P17                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,940     | -               | 79,153  |
| P18                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,980     | -               | 85,484  |
| P19                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,080     | -               | 110,368 |
| P20                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,820     | -               | 83,442  |
| P21                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,400     | -               | 148,798 |
| P22                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,200     | -               | 232,715 |
| P23                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,600     | -               | 247,931 |
| P24                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 2,810     | -               | 174,401 |
| P25                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,290     | -               | 253,779 |
| P26                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,660     | -               | 211,091 |
| P27                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,630     | -               | 293,526 |
| P28                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,790     | -               | 151,639 |
| P29                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,350     | 4,350           | 168,922 |
| P30                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,730     | -               | 239,152 |
| P31                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,210     | -               | 206,372 |
| P32                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,720     | 5,720           | 234,417 |
| P33                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,390     | 4,390           | 148,315 |
| P34                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,480     | -               | 214,866 |
| P35                              | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 4,470     | -               | 205,684 |

**Tabela 2.3 - Esforços sobre os pilares do Piso 4**

| Esforços sobre os pilares Piso 3 |                              |                          |                         |           |                 |         |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
| Elemento                         | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN      |
| P1                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,670     | 2,670           | 66,165  |
| P2                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,350     | 7,350           | 273,137 |
| P3                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,730     | 7,730           | 271,721 |
| P4                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,540     | 5,620           | 209,684 |
| P5                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,310     | 2,310           | 75,393  |
| P6                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,220     | 8,220           | 202,227 |
| P7                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,490     | 2,490           | 54,427  |
| P8                               | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -       |
| P9                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,350     | 3,350           | 95,571  |
| P10                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,400     | 4,400           | 202,803 |
| P11                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,870     | 3,870           | 141,997 |
| P12                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 6,190     | 6,190           | 276,306 |
| P13                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,340     | 5,860           | 324,429 |
| P14                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,520     | 2,470           | 269,416 |
| P15                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,510     | 7,830           | 398,500 |
| P16                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,520     | 2,520           | 154,851 |
| P17                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,940     | 4,220           | 133,939 |
| P18                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,980     | 4,980           | 149,758 |
| P19                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,080     | 4,080           | 163,315 |
| P20                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,820     | 4,820           | 145,725 |
| P21                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,400     | 3,400           | 193,119 |
| P22                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,200     | 3,200           | 274,245 |
| P23                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,600     | 4,600           | 306,891 |
| P24                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,810     | -               | 176,212 |
| P25                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,290     | -               | 255,320 |
| P26                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,660     | -               | 212,786 |
| P27                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,630     | -               | 294,947 |
| P28                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,790     | -               | 153,558 |
| P29                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,350     | 4,350           | 171,303 |
| P30                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,730     | -               | 240,750 |
| P31                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,210     | -               | 208,078 |
| P32                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,720     | 5,720           | 236,798 |
| P33                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,390     | 4,390           | 150,696 |
| P34                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,480     | -               | 216,545 |
| P35                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,470     | -               | 207,409 |

**Tabela 2.4 - Esforços sobre os pilares do Piso 3**



| Esforços sobre os pilares Piso 2 |                              |                          |                         |           |                 |         |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
| Elemento                         | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN      |
| P1                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,670     | 2,670           | 66,165  |
| P2                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,350     | 7,350           | 273,137 |
| P3                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,730     | 7,730           | 271,721 |
| P4                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,540     | 5,620           | 209,684 |
| P5                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,310     | 2,310           | 75,393  |
| P6                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,220     | 8,220           | 202,227 |
| P7                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,490     | 2,490           | 54,427  |
| P8                               | -                            | -                        | -                       | -         | -               | -       |
| P9                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,350     | 3,350           | 95,571  |
| P10                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,400     | 4,400           | 202,803 |
| P11                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,870     | 3,870           | 141,997 |
| P12                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 6,190     | 6,190           | 276,306 |
| P13                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,340     | 5,860           | 324,429 |
| P14                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,520     | 2,470           | 269,416 |
| P15                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,510     | 7,830           | 398,500 |
| P16                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,520     | 2,520           | 154,851 |
| P17                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,940     | 4,220           | 133,939 |
| P18                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,980     | 4,980           | 149,758 |
| P19                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,080     | 4,080           | 163,315 |
| P20                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,820     | 4,820           | 145,725 |
| P21                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,400     | 3,400           | 193,119 |
| P22                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,200     | 3,200           | 274,245 |
| P23                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,600     | 4,600           | 306,891 |
| P24                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,810     | -               | 176,212 |
| P25                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,290     | -               | 255,320 |
| P26                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,660     | -               | 212,786 |
| P27                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,630     | -               | 294,947 |
| P28                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,790     | -               | 153,558 |
| P29                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,350     | 4,350           | 171,303 |
| P30                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,730     | -               | 240,750 |
| P31                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,210     | -               | 208,078 |
| P32                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,720     | 5,720           | 236,798 |
| P33                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,390     | 4,390           | 150,696 |
| P34                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,480     | -               | 216,545 |
| P35                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,470     | -               | 207,409 |

**Tabela 2.5 - Esforços sobre os pilares do Piso 2**

| Esforços sobre os pilares Piso 1 |                              |                          |                         |           |                 |         |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
| Elemento                         | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN      |
| P1                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,670     | 2,670           | 66,165  |
| P2                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,350     | 7,350           | 273,137 |
| P3                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,730     | 7,730           | 271,721 |
| P4                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,540     | 5,620           | 209,684 |
| P5                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,310     | 2,310           | 75,393  |
| P6                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,220     | 8,220           | 202,227 |
| P7                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,490     | 2,490           | 54,427  |
| P8                               | 5,000                        | 2,500                    | 0,600                   | 3,370     | 1,730           | 65,495  |
| P9                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,350     | 3,350           | 95,571  |
| P10                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,400     | 4,400           | 202,803 |
| P11                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,870     | 3,870           | 141,997 |
| P12                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 6,190     | 6,190           | 276,306 |
| P13                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,340     | 5,860           | 324,429 |
| P14                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,520     | 2,470           | 269,416 |
| P15                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,510     | 7,830           | 398,500 |
| P16                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,520     | 2,520           | 154,851 |
| P17                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,940     | 4,220           | 133,939 |
| P18                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,980     | 4,980           | 149,758 |
| P19                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,080     | 4,080           | 163,315 |
| P20                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,820     | 4,820           | 145,725 |
| P21                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,400     | 3,400           | 193,119 |
| P22                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,200     | 3,200           | 274,245 |
| P23                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,600     | 4,600           | 306,891 |
| P24                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,810     | -               | 176,212 |
| P25                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,290     | -               | 255,320 |
| P26                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,660     | -               | 212,786 |
| P27                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,630     | -               | 294,947 |
| P28                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,790     | -               | 153,558 |
| P29                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,350     | 4,350           | 171,303 |
| P30                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,730     | -               | 240,750 |
| P31                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,210     | -               | 208,078 |
| P32                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,720     | 5,720           | 236,798 |
| P33                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,390     | 4,390           | 150,696 |
| P34                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,480     | -               | 216,545 |
| P35                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,470     | -               | 207,409 |

**Tabela 2.6 - Esforços sobre os pilares do Piso 1**

| Esforços sobre os pilares Piso 0 |                              |                          |                         |           |                 |         |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
| Elemento                         | pp laje (kN/m <sup>2</sup> ) | rev (kN/m <sup>2</sup> ) | sc (kN/m <sup>2</sup> ) | vigas (m) | paredes ext (m) | kN      |
| P1                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,670     | 2,670           | 66,165  |
| P2                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,350     | 7,350           | 273,137 |
| P3                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,730     | 7,730           | 271,721 |
| P4                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 7,540     | 5,620           | 209,684 |
| P5                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,310     | 2,310           | 75,393  |
| P6                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,220     | 8,220           | 202,227 |
| P7                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,200     | 4,200           | 103,097 |
| P8                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,370     | 1,730           | 65,397  |
| P9                               | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,840     | 3,350           | 136,019 |
| P10                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,400     | 4,400           | 202,803 |
| P11                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,870     | 3,870           | 141,997 |
| P12                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 6,190     | 6,190           | 241,999 |
| P13                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,340     | 5,860           | 265,220 |
| P14                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,520     | 2,470           | 273,157 |
| P15                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 8,510     | 7,830           | 415,706 |
| P16                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,520     | 2,520           | 154,744 |
| P17                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,940     | 4,220           | 125,389 |
| P18                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,980     | 4,980           | 149,651 |
| P19                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,080     | 4,080           | 163,315 |
| P20                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,820     | 4,820           | 145,725 |
| P21                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,400     | 3,400           | 193,119 |
| P22                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,200     | 3,200           | 274,245 |
| P23                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,600     | 4,600           | 306,891 |
| P24                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 2,810     | -               | 176,212 |
| P25                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,290     | -               | 255,320 |
| P26                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,660     | -               | 212,786 |
| P27                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,630     | -               | 294,947 |
| P28                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,790     | -               | 153,558 |
| P29                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,350     | 4,350           | 171,303 |
| P30                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,730     | -               | 240,750 |
| P31                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,210     | -               | 208,078 |
| P32                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 5,720     | 5,720           | 236,798 |
| P33                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,390     | 4,390           | 157,216 |
| P34                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 3,480     | -               | 216,545 |
| P35                              | 5,000                        | 1,250                    | 2,250                   | 4,470     | -               | 207,409 |

**Tabela 2.7 - Esforços sobre os pilares do Piso 0**

| Cálculo da secção dos pilares |                        |       |
|-------------------------------|------------------------|-------|
| Elemento                      | Esf. normal total (kN) | a (m) |
| P1                            | 295,209                | 0,151 |
| P2                            | 1272,144               | 0,313 |
| P3                            | 1260,298               | 0,311 |
| P4                            | 976,307                | 0,274 |
| P5                            | 408,714                | 0,177 |
| P6                            | 1106,394               | 0,292 |
| P7                            | 339,556                | 0,162 |
| P8                            | 130,892                | 0,100 |
| P9                            | 567,454                | 0,209 |
| P10                           | 1078,679               | 0,288 |
| P11                           | 659,594                | 0,225 |
| P12                           | 1268,231               | 0,312 |
| P13                           | 1488,256               | 0,338 |
| P14                           | 1318,395               | 0,318 |
| P15                           | 1910,578               | 0,383 |
| P16                           | 740,722                | 0,239 |
| P17                           | 606,360                | 0,216 |
| P18                           | 684,409                | 0,229 |
| P19                           | 763,628                | 0,242 |
| P20                           | 666,340                | 0,226 |
| P21                           | 921,272                | 0,266 |
| P22                           | 1329,696               | 0,320 |
| P23                           | 1475,493               | 0,337 |
| P24                           | 879,248                | 0,260 |
| P25                           | 1275,058               | 0,313 |
| P26                           | 1062,233               | 0,286 |
| P27                           | 1473,313               | 0,337 |
| P28                           | 765,870                | 0,243 |
| P29                           | 921,731                | 0,266 |
| P30                           | 1202,151               | 0,304 |
| P31                           | 1038,682               | 0,283 |
| P32                           | 1269,881               | 0,313 |
| P33                           | 851,438                | 0,256 |
| P34                           | 1081,048               | 0,288 |
| P35                           | 1035,321               | 0,282 |

**Tabela 2.8 - Secções dos pilares**

| Cálculo da altura das vigas |        |       |
|-----------------------------|--------|-------|
| Elemento                    | c (m)  | l (m) |
| V1                          | 11,280 | 0,940 |
| V2                          | 4,240  | 0,353 |
| V3                          | 6,050  | 0,504 |
| V4                          | 4,750  | 0,396 |
| V5                          | 3,150  | 0,263 |
| V6                          | 3,140  | 0,262 |
| V7                          | 3,460  | 0,288 |
| V8                          | 2,810  | 0,234 |
| V9                          | 3,020  | 0,252 |
| V10                         | 8,700  | 0,725 |
| V11                         | 5,240  | 0,437 |
| V12                         | 6,630  | 0,553 |
| V13                         | 3,680  | 0,307 |
| V14                         | 2,000  | 0,167 |
| V15                         | 5,380  | 0,448 |
| V16                         | 2,020  | 0,168 |
| V17                         | 3,820  | 0,318 |
| V18                         | 3,820  | 0,318 |
| V19                         | 1,250  | 0,104 |
| V20                         | 3,950  | 0,329 |
| V21                         | 2,200  | 0,183 |
| V22                         | 4,240  | 0,353 |
| V23                         | 4,470  | 0,373 |
| V24                         | 3,380  | 0,282 |
| V25                         | 4,840  | 0,403 |
| V26                         | 3,230  | 0,269 |
| V27                         | 3,590  | 0,299 |
| V28                         | 5,720  | 0,477 |
| V29                         | 4,560  | 0,380 |
| V30                         | 1,480  | 0,123 |
| V31                         | 2,810  | 0,234 |
| V32                         | 2,890  | 0,241 |
| V33                         | 3,990  | 0,333 |
| V34                         | 2,970  | 0,248 |
| V35                         | 3,190  | 0,266 |
| V36                         | 2,240  | 0,187 |
| V37                         | 3,440  | 0,287 |
| V38                         | 1,330  | 0,111 |
| V39                         | 5,260  | 0,438 |
| V40                         | 2,010  | 0,168 |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| V41 | 4,450 | 0,371 |
| V42 | 3,700 | 0,308 |
| V43 | 3,230 | 0,269 |
| V44 | 6,040 | 0,503 |

**Tabela 2.9 - Altura das vigas**

| Cálculo da espessura das lajes |               |       |               |       |               |       |               |       |               |       |               |       |
|--------------------------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| Elemento                       | Piso 0        |       | Piso 1        |       | Piso 2        |       | Piso 3        |       | Piso 4        |       | Cobertura     |       |
|                                | Menor vão (m) | d (m) | Menor vão (m) | d (m) | Menor vão (m) | d (m) | Menor vão (m) | d (m) | Menor vão (m) | d (m) | Menor vão (m) | d (m) |
| L1                             | 4,000         | 0,107 | 4,000         | 0,123 | 4,000         | 0,123 | 4,000         | 0,123 | 4,000         | 0,123 | -             | -     |
| L2                             | 5,700         | 0,152 | 5,700         | 0,175 | 5,700         | 0,175 | 5,700         | 0,175 | 5,700         | 0,175 | -             | -     |
| L3                             | 4,520         | 0,121 | 4,520         | 0,121 | 4,520         | 0,121 | 4,520         | 0,121 | 4,520         | 0,121 | -             | -     |
| L4                             | 5,550         | 0,148 | 5,550         | 0,148 | 5,550         | 0,148 | 5,550         | 0,148 | 5,550         | 0,148 | -             | -     |
| L5                             | 1,730         | 0,046 | 1,730         | 0,053 | 1,730         | 0,053 | 1,730         | 0,053 | 1,730         | 0,053 | 1,730         | 0,053 |
| L6                             | 5,670         | 0,151 | 5,670         | 0,151 | 5,670         | 0,151 | 5,670         | 0,151 | 5,670         | 0,151 | -             | -     |
| L7                             | 3,140         | 0,084 | 3,140         | 0,084 | 3,140         | 0,084 | 3,140         | 0,084 | 3,140         | 0,084 | 3,140         | 0,084 |
| L8                             | 1,330         | 0,035 | 1,330         | 0,041 | 1,330         | 0,041 | 1,330         | 0,041 | 1,330         | 0,041 | 1,330         | 0,041 |
| L9                             | 2,010         | 0,054 | 2,010         | 0,201 | 2,010         | 0,201 | 2,010         | 0,201 | 2,010         | 0,201 | -             | -     |
| L10                            | 1,330         | 0,035 | 1,330         | 0,035 | 1,330         | 0,035 | 1,330         | 0,035 | 1,330         | 0,035 | -             | -     |
| L11                            | -             | -     | 1,630         | 0,163 | 1,630         | 0,163 | 1,630         | 0,163 | 1,630         | 0,163 | -             | -     |

**Tabela 2.10 - Espessura das lajes**

### Anexo 3. Cálculo do centro de rigidez e centro de massa de cada piso

| Cálculo do centro de rigidez Cobertura |     |            |        |               |               |
|--|-----|------------|--------|---------------|---------------|
| Elemento                               |     | $I_x$      | $I_y$  | $x \cdot I_x$ | $y \cdot I_y$ |
| Pilares                                | P9  | 0,0007     | 0,0007 | 0,0463        | 0,0340        |
|  | P8  | 0,0007     | 0,0007 | 0,0484        | 0,0349        |
|  | P5  | 0,0007     | 0,0007 | 0,0494        | 0,0345        |
|  | P31 | 0,0007     | 0,0007 | 0,0463        | 0,0364        |
|  | P32 | 0,0007     | 0,0007 | 0,0484        | 0,0364        |
|  | P7  | 0,0007     | 0,0007 | 0,0484        | 0,0373        |
|  | P10 | 0,0002     | 0,0005 | 0,0137        | 0,0216        |
| Cx. elev.                              | 1   | 0,4778     | 0,1037 | 33,9205       | 4,8168        |
|  | 2   | 0,0804     | 0,0011 | 5,5881        | 0,0507        |
|  | 3   | 0,0020     | 0,4322 | 0,1354        | 20,0771       |
| Total                                  |     | 0,5645     | 0,5416 | 39,9448       | 25,1796       |
|  |     | xCR= 70,77 |        | yCR= 46,494   |               |

Tabela 3.1 - Centro de rigidez da Cobertura

| Cálculo do centro de rigidez Piso 4 |     |        |        |               |               |
|-------------------------------------|-----|--------|--------|---------------|---------------|
| Elemento                            |     | $I_x$  | $I_y$  | $x \cdot I_x$ | $y \cdot I_y$ |
| Pilares                             | P1  | 0,1458 | 0,0041 | 7,6134        | 0,1278        |
|                                     | P2  | 0,0318 | 0,0088 | 2,0325        | 0,2739        |
|                                     | P3  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0443        | 0,0235        |
|                                     | P4  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0460        | 0,0273        |
|                                     | P5  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0494        | 0,0345        |
|                                     | P7  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0461        | 0,0379        |
|                                     | P8  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0477        | 0,0349        |
|                                     | P9  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0463        | 0,0340        |
|                                     | P10 | 0,0015 | 0,0134 | 0,1024        | 0,7516        |
|                                     | P11 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0400        | 0,0394        |
|                                     | P12 | 0,0214 | 0,0021 | 1,1557        | 0,1254        |
|                                     | P13 | 0,0025 | 0,0333 | 0,1334        | 1,7516        |
|                                     | P14 | 0,0027 | 0,0432 | 0,1561        | 2,2351        |
|                                     | P15 | 0,0021 | 0,0021 | 0,1233        | 0,0959        |
|                                     | P16 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0390        | 0,0288        |
|                                     | P17 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0288        |
|                                     | P18 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0273        |
|                                     | P19 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0245        |
|                                     | P20 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0380        | 0,0218        |
|                                     | P21 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0380        | 0,0235        |
|                                     | P22 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0411        | 0,0235        |
|                                     | P23 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0377        | 0,0273        |
|                                     | P24 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0411        | 0,0273        |
|                                     | P25 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0435        | 0,0273        |



|              |     |        |        |         |         |
|--------------|-----|--------|--------|---------|---------|
|              | P26 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0431  | 0,0304  |
|              | P27 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0418  | 0,0340  |
|              | P28 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0440  | 0,0340  |
|              | P29 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0400  | 0,0379  |
|              | P30 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0432  | 0,0379  |
|              | P31 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0463  | 0,0364  |
|              | P32 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0484  | 0,0364  |
| Cx.<br>elev. | 1   | 0,4778 | 0,1037 | 33,9205 | 4,8168  |
|              | 2   | 0,0804 | 0,0011 | 5,5881  | 0,0507  |
|              | 3   | 0,0020 | 0,4322 | 0,1354  | 20,0771 |
| Total        |     | 0,5645 | 0,5416 | 39,9448 | 25,1796 |
|              |     | xCR=   | 66,268 | yCR=    | 47,018  |

**Tabela 3.2 - Centro de rigidez do Piso 4**

| Cálculo do centro de rigidez Piso 3 |     |                |                |                  |                  |
|-------------------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|------------------|
| Elemento                            |     | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | x*I <sub>x</sub> | y*I <sub>y</sub> |
| Pilares                             | P1  | 0,1458         | 0,0041         | 7,6134           | 0,1278           |
|                                     | P2  | 0,0318         | 0,0088         | 2,0325           | 0,2739           |
|                                     | P3  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0443           | 0,0235           |
|                                     | P4  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0460           | 0,0273           |
|                                     | P5  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0494           | 0,0345           |
|                                     | P7  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0461           | 0,0379           |
|                                     | P8  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0477           | 0,0349           |
|                                     | P9  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0463           | 0,0340           |
|                                     | P10 | 0,0015         | 0,0134         | 0,1024           | 0,7516           |
|                                     | P11 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0400           | 0,0394           |
|                                     | P12 | 0,0214         | 0,0021         | 1,1557           | 0,1254           |
|                                     | P13 | 0,0025         | 0,0333         | 0,1334           | 1,7516           |
|                                     | P14 | 0,0027         | 0,0432         | 0,1561           | 2,2351           |
|                                     | P15 | 0,0021         | 0,0021         | 0,1233           | 0,0959           |
|                                     | P16 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0390           | 0,0288           |
|                                     | P17 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0288           |
|                                     | P18 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0273           |
|                                     | P19 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0245           |
|                                     | P20 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0380           | 0,0218           |
|                                     | P21 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0380           | 0,0235           |
|                                     | P22 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0411           | 0,0235           |
|                                     | P23 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0377           | 0,0273           |
|                                     | P24 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0411           | 0,0273           |
|                                     | P25 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0435           | 0,0273           |
|                                     | P26 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0431           | 0,0304           |
|                                     | P27 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0418           | 0,0340           |
|                                     | P28 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0440           | 0,0340           |
|                                     | P29 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0400           | 0,0379           |
|                                     | P30 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0432           | 0,0379           |
|                                     | P31 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0463           | 0,0364           |

|              |     |        |        |         |         |
|--------------|-----|--------|--------|---------|---------|
|              | P32 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0484  | 0,0364  |
| Cx.<br>elev. | 1   | 0,4778 | 0,1037 | 33,9205 | 4,8168  |
|              | 2   | 0,0804 | 0,0011 | 5,5881  | 0,0507  |
|              | 3   | 0,0020 | 0,4322 | 0,1354  | 20,0771 |
| Total        |     | 0,7843 | 0,6603 | 51,9715 | 31,0442 |
|              |     | xCR=   | 66,268 | yCR=    | 47,018  |

**Tabela 3.3 - Centro de rigidez do Piso 3**

| Cálculo do centro de rigidez Piso 2 |     |                |                |                  |                  |
|-------------------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|------------------|
| Elemento                            |     | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | x*I <sub>x</sub> | y*I <sub>y</sub> |
| Pilares                             | P1  | 0,1458         | 0,0041         | 7,6134           | 0,1278           |
|                                     | P2  | 0,0318         | 0,0088         | 2,0325           | 0,2739           |
|                                     | P3  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0443           | 0,0235           |
|                                     | P4  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0460           | 0,0273           |
|                                     | P5  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0494           | 0,0345           |
|                                     | P7  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0461           | 0,0379           |
|                                     | P8  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0477           | 0,0349           |
|                                     | P9  | 0,0007         | 0,0007         | 0,0463           | 0,0340           |
|                                     | P10 | 0,0015         | 0,0134         | 0,1024           | 0,7516           |
|                                     | P11 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0400           | 0,0394           |
|                                     | P12 | 0,0214         | 0,0021         | 1,1557           | 0,1254           |
|                                     | P13 | 0,0025         | 0,0333         | 0,1334           | 1,7516           |
|                                     | P14 | 0,0027         | 0,0432         | 0,1561           | 2,2351           |
|                                     | P15 | 0,0021         | 0,0021         | 0,1233           | 0,0959           |
|                                     | P16 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0390           | 0,0288           |
|                                     | P17 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0288           |
|                                     | P18 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0273           |
|                                     | P19 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0352           | 0,0245           |
|                                     | P20 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0380           | 0,0218           |
|                                     | P21 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0380           | 0,0235           |
|                                     | P22 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0411           | 0,0235           |
|                                     | P23 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0377           | 0,0273           |
|                                     | P24 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0411           | 0,0273           |
|                                     | P25 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0435           | 0,0273           |
|                                     | P26 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0431           | 0,0304           |
|                                     | P27 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0418           | 0,0340           |
|                                     | P28 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0440           | 0,0340           |
|                                     | P29 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0400           | 0,0379           |
|                                     | P30 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0432           | 0,0379           |
|                                     | P31 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0463           | 0,0364           |
|                                     | P32 | 0,0007         | 0,0007         | 0,0484           | 0,0364           |
| Cx.<br>elev.                        | 1   | 0,4778         | 0,1037         | 33,9205          | 4,8168           |
|                                     | 2   | 0,0804         | 0,0011         | 5,5881           | 0,0507           |
|                                     | 3   | 0,0020         | 0,4322         | 0,1354           | 20,0771          |
| Total                               |     | 0,7843         | 0,6603         | 51,9715          | 31,0442          |
|                                     |     | xCR=           | 66,268         | yCR=             | 47,018           |

**Tabela 3.4 - Centro de rigidez do Piso 2**

| Cálculo do centro de rigidez Piso 1 |     |        |        |               |               |
|-------------------------------------|-----|--------|--------|---------------|---------------|
| Elemento                            |     | $I_x$  | $I_y$  | $x \cdot I_x$ | $y \cdot I_y$ |
| Pilares                             | P1  | 0,1458 | 0,0041 | 7,6134        | 0,1278        |
|                                     | P2  | 0,0318 | 0,0088 | 2,0325        | 0,2739        |
|                                     | P3  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0443        | 0,0235        |
|                                     | P4  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0460        | 0,0273        |
|                                     | P5  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0494        | 0,0345        |
|                                     | P7  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0461        | 0,0379        |
|                                     | P8  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0477        | 0,0349        |
|                                     | P9  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0463        | 0,0340        |
|                                     | P10 | 0,0015 | 0,0134 | 0,1024        | 0,7516        |
|                                     | P11 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0400        | 0,0394        |
|                                     | P12 | 0,0214 | 0,0021 | 1,1557        | 0,1254        |
|                                     | P13 | 0,0025 | 0,0333 | 0,1334        | 1,7516        |
|                                     | P14 | 0,0027 | 0,0432 | 0,1561        | 2,2351        |
|                                     | P15 | 0,0021 | 0,0021 | 0,1233        | 0,0959        |
|                                     | P16 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0390        | 0,0288        |
|                                     | P17 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0288        |
|                                     | P18 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0273        |
|                                     | P19 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0352        | 0,0245        |
|                                     | P20 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0380        | 0,0218        |
|                                     | P21 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0380        | 0,0235        |
|                                     | P22 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0411        | 0,0235        |
|                                     | P23 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0377        | 0,0273        |
|                                     | P24 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0411        | 0,0273        |
|                                     | P25 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0435        | 0,0273        |
|                                     | P26 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0431        | 0,0304        |
|                                     | P27 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0418        | 0,0340        |
|                                     | P28 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0440        | 0,0340        |
|                                     | P29 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0400        | 0,0379        |
|                                     | P30 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0432        | 0,0379        |
|                                     | P31 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0463        | 0,0364        |
|                                     | P6  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0504        | 0,0367        |
|                                     | P32 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0484        | 0,0364        |
| Cx.<br>elev.                        | 1   | 0,4778 | 0,1037 | 33,9205       | 4,8168        |
|                                     | 2   | 0,0804 | 0,0011 | 5,5881        | 0,0507        |
|                                     | 3   | 0,0020 | 0,4322 | 0,1354        | 20,0771       |
| Total                               |     | 0,7849 | 0,6609 | 52,0219       | 31,0810       |
|                                     |     | xCR=   | 66,275 | yCR=          | 47,026        |

**Tabela 3.5 - Centro de rigidez do Piso 1**

| Cálculo do centro de massa Cobertura |     |                |                |                |            |           |          |          |          |             |             |        |             |
|--------------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|--------|-------------|
| Elemento                             |     | Secções        |                |                | Massas     |           |          |          |          | Coordenadas |             |        |             |
|                                      |     | L <sub>x</sub> | L <sub>y</sub> | L <sub>z</sub> | Massa (kg) | RCP       | m*RCP    | SC       | m*SC     | x           | mx          | y      | my          |
| Pilares                              | P9  | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 42492,798   | 50,416 | 31220,917   |
|                                      | P8  | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 44387,133   | 51,763 | 32055,069   |
|                                      | P5  | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 73,137      | 45291,261   | 51,089 | 31637,683   |
|                                      | P31 | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 42492,798   | 53,938 | 33401,972   |
|                                      | P32 | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 44387,133   | 53,938 | 33401,972   |
|                                      | P7  | 0,300          | 0,300          | 2,700          | 619,266    | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 44387,133   | 55,211 | 34190,298   |
|                                      | P10 | 0,300          | 0,200          | 2,700          | 412,844    | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 28328,532   | 47,930 | 19787,615   |
| Vigas X                              | V36 | 3,059          | 0,300          | 0,400          | 935,474    | -         | -        | -        | -        | 70,530      | 65978,982   | 47,931 | 44838,205   |
|                                      | V5  | 3,480          | 0,300          | 0,400          | 1064,220   | -         | -        | -        | -        | 72,407      | 77056,991   | 49,510 | 52689,541   |
|                                      | V6  | 1,610          | 0,300          | 0,400          | 492,355    | -         | -        | -        | -        | 72,407      | 35649,930   | 51,426 | 25319,835   |
|                                      | V9  | 3,160          | 0,300          | 0,400          | 966,361    | -         | -        | -        | -        | 70,148      | 67788,281   | 55,603 | 53732,563   |
| Vigas Y                              | V37 | 0,300          | 3,830          | 0,400          | 1171,254   | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 83951,960   | 49,847 | 58383,489   |
|                                      | V35 | 0,300          | 2,490          | 0,400          | 761,468    | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 52250,404   | 49,173 | 37443,661   |
|                                      | V38 | 0,300          | 2,170          | 0,400          | 663,609    | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 47565,471   | 52,851 | 35072,376   |
|                                      | V39 | 0,300          | 3,520          | 0,400          | 1076,453   | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 73864,024   | 52,177 | 56166,067   |
|                                      | V40 | 0,300          | 2,060          | 0,400          | 629,969    | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 43227,242   | 54,967 | 34627,529   |
|                                      | V41 | 0,300          | 1,270          | 0,400          | 388,379    | -         | -        | -        | -        | 71,677      | 27837,856   | 54,575 | 21195,795   |
| Cx. elev.                            | 1   | 0,200          | 3,260          | 2,700          | 4486,239   | -         | -        | -        | -        | 70,993      | 318491,532  | 46,449 | 208381,294  |
|                                      | 2   | 0,200          | 1,690          | 2,700          | 2325,688   | -         | -        | -        | -        | 69,463      | 161549,271  | 44,968 | 104581,541  |
|                                      | 3   | 2,960          | 0,200          | 2,700          | 4073,394   | -         | -        | -        | -        | 68,618      | 279508,183  | 46,449 | 189205,101  |
| Lajes                                | 1   | Área=          | 30,506         | 0,200          | 15548,420  | 2,500     | 7774,210 | 0,400    | 1243,874 | 70,039      | 1720613,343 | 50,560 | 1242082,420 |
| TOTAL                                |     |                |                | M=             | 38711,723  | m<br>RCP= | 7774,210 | m<br>SC= | 1243,874 | MX=         | 3347100,259 | MY=    | 2379414,945 |
|                                      |     |                |                |                |            |           |          |          |          | xCM=        | 70,126      | yCM=   | 49,852      |

Tabela 3.6 - Centro de massa da Cobertura

| Cálculo do centro de massa Piso 4 |     |                |                |                |            |     |       |    |      |             |            |        |            |
|-----------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|------------|-----|-------|----|------|-------------|------------|--------|------------|
| Elemento                          |     | Secções        |                |                | Massas     |     |       |    |      | Coordenadas |            |        |            |
|                                   |     | L <sub>x</sub> | L <sub>y</sub> | L <sub>z</sub> | Massa (kg) | RCP | m*RCP | SC | m*SC | x           | mx         | y      | my         |
| Pilares                           | P1  | 0,300          | 1,800          | 3,100          | 4266,055   | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 222764,862 | 31,552 | 134602,569 |
|                                   | P2  | 0,300          | 1,150          | 3,100          | 2725,535   | -   | -     | -  | -    | 63,915      | 174202,580 | 31,128 | 84840,459  |
|                                   | P3  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 65,589      | 46634,381  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P4  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,222      | 48506,468  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P5  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 73,137      | 52001,078  | 51,089 | 36324,748  |
|                                   | P7  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 48539,174  | 56,087 | 39878,372  |
|                                   | P8  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 70,677      | 50251,995  | 51,763 | 36803,968  |
|                                   | P9  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,618      | 48788,028  | 50,416 | 35846,239  |
|                                   | P10 | 0,950          | 0,200          | 3,100          | 1501,019   | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 102471,590 | 56,087 | 84187,673  |
|                                   | P11 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 59,268      | 42140,092  | 58,424 | 41540,000  |
|                                   | P12 | 0,300          | 0,950          | 3,100          | 2251,529   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 121397,943 | 58,664 | 132083,700 |
|                                   | P13 | 1,100          | 0,300          | 3,100          | 2607,034   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 140566,040 | 52,639 | 137231,644 |
|                                   | P14 | 1,200          | 0,300          | 3,100          | 2844,037   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 164436,514 | 51,739 | 147147,615 |
|                                   | P15 | 0,400          | 0,400          | 3,100          | 1264,016   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 73082,895  | 44,968 | 56840,285  |
|                                   | P16 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 57,810      | 41103,440  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P17 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P18 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P19 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 36,326 | 25828,119  |
|                                   | P20 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 56,320      | 40044,037  | 32,302 | 22967,018  |
|                                   | P21 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 56,320      | 40044,037  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P22 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 60,861      | 43272,729  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P23 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 55,793      | 39669,335  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P24 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 60,888      | 43291,927  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P25 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 64,390      | 45781,881  | 40,450 | 28760,321  |

|         |     |        |       |       |          |   |   |   |   |        |            |        |            |
|---------|-----|--------|-------|-------|----------|---|---|---|---|--------|------------|--------|------------|
|         | P26 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 63,818 | 45375,183  | 44,968 | 31972,661  |
|         | P27 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 61,918 | 44024,266  | 50,416 | 35846,239  |
|         | P28 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 65,154 | 46325,092  | 50,416 | 35846,239  |
|         | P29 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 59,268 | 42140,092  | 56,087 | 39878,372  |
|         | P30 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 64,043 | 45535,161  | 56,087 | 39878,372  |
|         | P31 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 68,618 | 48788,028  | 53,938 | 38350,413  |
|         | P32 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 71,677 | 50963,005  | 53,938 | 38350,413  |
| Vigas X | V1  | 11,478 | 0,300 | 0,950 | 8336,468 | - | - | - | - | 57,955 | 483139,997 | 30,698 | 255912,891 |
|         | V18 | 5,600  | 0,300 | 0,950 | 4067,278 | - | - | - | - | 55,018 | 223773,517 | 42,618 | 173339,266 |
|         | V22 | 4,102  | 0,300 | 0,400 | 1254,434 | - | - | - | - | 54,269 | 68076,892  | 32,302 | 40520,735  |
|         | V24 | 4,540  | 0,300 | 0,400 | 1388,379 | - | - | - | - | 58,591 | 81346,526  | 34,752 | 48248,954  |
|         | V25 | 4,728  | 0,300 | 0,950 | 3433,945 | - | - | - | - | 63,225 | 217111,170 | 34,752 | 119336,455 |
|         | V26 | 3,575  | 0,300 | 0,400 | 1093,272 | - | - | - | - | 54,006 | 59043,257  | 40,450 | 44222,859  |
|         | V27 | 5,094  | 0,300 | 0,400 | 1557,798 | - | - | - | - | 58,341 | 90883,503  | 40,450 | 63012,936  |
|         | V28 | 3,502  | 0,300 | 0,400 | 1070,948 | - | - | - | - | 62,639 | 67083,113  | 40,450 | 43319,847  |
|         | V29 | 3,832  | 0,300 | 0,400 | 1171,865 | - | - | - | - | 66,306 | 77701,710  | 40,450 | 47401,957  |
|         | V30 | 6,000  | 0,300 | 0,400 | 1834,862 | - | - | - | - | 60,818 | 111592,661 | 44,968 | 82510,092  |
|         | V31 | 4,800  | 0,300 | 0,400 | 1467,890 | - | - | - | - | 66,218 | 97200,734  | 44,968 | 66008,073  |
|         | V36 | 3,059  | 0,300 | 0,400 | 935,474  | - | - | - | - | 70,148 | 65621,631  | 47,931 | 44838,205  |
|         | V32 | 4,100  | 0,300 | 0,400 | 1253,823 | - | - | - | - | 59,868 | 75063,853  | 50,416 | 63212,722  |
|         | V33 | 3,236  | 0,300 | 0,400 | 989,602  | - | - | - | - | 63,536 | 62875,381  | 50,416 | 49891,797  |
|         | V34 | 3,464  | 0,300 | 0,400 | 1059,327 | - | - | - | - | 66,886 | 70854,160  | 50,416 | 53407,041  |
|         | V15 | 3,900  | 0,300 | 0,400 | 1192,661 | - | - | - | - | 55,868 | 66631,560  | 52,214 | 62273,578  |
|         | V42 | 3,059  | 0,300 | 0,400 | 935,474  | - | - | - | - | 70,148 | 65621,631  | 53,938 | 50457,597  |
|         | V13 | 5,388  | 0,300 | 0,400 | 1647,706 | - | - | - | - | 56,593 | 93248,650  | 58,744 | 96792,866  |
|         | V11 | 4,775  | 0,300 | 0,950 | 3468,081 | - | - | - | - | 61,656 | 213828,005 | 56,087 | 194514,261 |
|         | V10 | 4,225  | 0,300 | 0,950 | 3068,616 | - | - | - | - | 66,156 | 203007,374 | 56,087 | 172109,477 |

|              |     |       |         |       |            |       |            |       |           |        |              |        |              |
|--------------|-----|-------|---------|-------|------------|-------|------------|-------|-----------|--------|--------------|--------|--------------|
|              | V9  | 3,158 | 0,200   | 0,400 | 643,833    | -     | -          | -     | -         | 70,148 | 45163,585    | 55,603 | 35799,036    |
|              | V6  | 1,607 | 0,300   | 0,400 | 491,437    | 8,700 | 1425,168   | -     | -         | 72,407 | 138775,655   | 51,426 | 98563,355    |
| Vigas Y      | V21 | 0,300 | 4,024   | 0,400 | 1230,581   | -     |            | -     | -         | 52,218 | 64258,481    | 36,326 | 44702,087    |
|              | V23 | 0,300 | 2,450   | 0,400 | 749,235    | -     |            | -     | -         | 56,320 | 42196,942    | 33,527 | 25119,618    |
|              | V2  | 0,300 | 3,992   | 0,400 | 1220,795   | -     |            | -     | -         | 64,752 | 79048,925    | 32,940 | 40212,991    |
|              | V20 | 0,300 | 4,124   | 0,400 | 1261,162   | -     |            | -     | -         | 52,218 | 65855,361    | 38,388 | 48413,490    |
|              | V3  | 0,300 | 6,277   | 0,400 | 1919,572   | -     |            | -     | -         | 66,905 | 128428,956   | 37,601 | 72177,822    |
|              | V19 | 0,300 | 2,167   | 0,400 | 662,691    | -     |            | -     | -         | 52,218 | 34604,406    | 41,534 | 27524,213    |
|              | V4  | 0,300 | 4,976   | 0,400 | 1521,713   | -     |            | -     | -         | 69,265 | 105401,419   | 42,709 | 64990,821    |
|              | V17 | 0,300 | 2,350   | 0,400 | 718,654    | -     |            | -     | -         | 57,818 | 41551,162    | 43,793 | 31472,034    |
|              | V16 | 0,300 | 6,772   | 0,400 | 2070,948   | -     |            | -     | -         | 57,818 | 119738,072   | 48,354 | 100138,620   |
|              | V35 | 0,300 | 2,485   | 0,400 | 759,939    | 8,700 | 2203,823   | -     | -         | 68,618 | 203367,384   | 49,173 | 145737,043   |
|              | V37 | 0,300 | 3,833   | 0,400 | 1172,171   | 8,700 | 3399,297   | -     | -         | 71,677 | 327669,104   | 49,847 | 227873,960   |
|              | V5  | 0,300 | 3,450   | 0,400 | 1055,046   | 8,700 | 3059,633   | -     | -         | 72,407 | 297931,555   | 49,510 | 203717,752   |
|              | V14 | 0,300 | 6,025   | 0,950 | 4375,956   | -     |            | -     | -         | 53,918 | 235942,777   | 55,652 | 243530,684   |
|              | V12 | 0,300 | 2,337   | 0,400 | 714,679    | -     |            | -     | -         | 59,268 | 42357,589    | 57,256 | 40919,655    |
|              | V39 | 0,300 | 3,523   | 0,400 | 1077,370   | 8,700 | 3124,373   | -     | -         | 68,618 | 288315,209   | 52,177 | 219234,351   |
|              | V40 | 0,300 | 2,057   | 0,400 | 629,052    | 8,700 | 1824,251   | -     | -         | 68,618 | 168340,728   | 54,967 | 134850,692   |
|              | V38 | 0,300 | 2,175   | 0,400 | 665,138    | 8,700 | 1928,899   | -     | -         | 71,677 | 185932,768   | 52,851 | 137097,433   |
|              | V41 | 0,300 | 1,273   | 0,400 | 389,297    | 8,700 | 1128,960   | -     | -         | 71,677 | 108824,098   | 54,575 | 82858,869    |
| Escadas      | 1   | Área= | 3,806   | 0,250 | 2424,630   | 1,000 | 387,941    | 3,000 | 1163,823  | 69,331 | 275687,371   | 52,851 | 210156,399   |
|              | 2   | Área= | 3,893   | 0,250 | 2480,505   | 1,000 | 396,881    | 3,000 | 1190,642  | 70,148 | 285363,995   | 54,575 | 222012,602   |
|              | 3   | Área= | 3,830   | 0,250 | 2440,048   | 1,000 | 390,408    | 3,000 | 1171,223  | 70,960 | 283959,171   | 52,851 | 211492,758   |
| Cx.<br>elev. | 1   | 0,200 | 3,260   | 3,100 | 5150,866   | -     | -          | -     | -         | 70,993 | 365675,463   | 46,449 | 239252,596   |
|              | 2   | 0,200 | 1,690   | 3,100 | 2670,234   | -     | -          | -     | -         | 69,463 | 185482,496   | 44,968 | 120075,103   |
|              | 3   | 2,960 | 0,200   | 3,100 | 4676,860   | -     | -          | -     | -         | 68,618 | 320916,803   | 46,449 | 217235,486   |
| Lajes        | 1   | Área= | 400,830 | 0,200 | 204296,636 | 2,500 | 102148,318 | 0,400 | 16343,731 | 60,218 | 19437689,034 | 44,804 | 14462224,243 |

|       |   |       |        |       |            |                  |            |                 |           |        |              |        |              |
|-------|---|-------|--------|-------|------------|------------------|------------|-----------------|-----------|--------|--------------|--------|--------------|
|       | 2 | Área= | 11,613 | 0,200 | 5918,960   | 1,000            | 1183,792   | 3,000           | 3551,376  | 70,129 | 747163,373   | 49,835 | 530948,491   |
| TOTAL |   |       |        | M=    | 329139,360 | $\frac{m}{RCP}=$ | 122601,743 | $\frac{m}{SC}=$ | 23420,795 | MX=    | 29182871,488 | MY=    | 21564441,086 |
|       |   |       |        |       |            |                  |            |                 |           | xCM=   | 61,417       | yCM=   | 45,383       |

**Tabela 3.7 - Centro de massa do Piso 4**

| Cálculo do centro de massa Piso 3 |     |                |                |                |            |     |       |    |      |             |            |        |            |
|-----------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|------------|-----|-------|----|------|-------------|------------|--------|------------|
| Elemento                          |     | Secções        |                |                | Massas     |     |       |    |      | Coordenadas |            |        |            |
|                                   |     | L <sub>x</sub> | L <sub>y</sub> | L <sub>z</sub> | Massa (kg) | RCP | m*RCP | SC | m*SC | x           | mx         | y      | my         |
| Pilares                           | P1  | 0,300          | 1,800          | 3,100          | 4266,055   | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 222764,862 | 31,552 | 134602,569 |
|                                   | P2  | 0,300          | 1,150          | 3,100          | 2725,535   | -   | -     | -  | -    | 63,915      | 174202,580 | 31,128 | 84840,459  |
|                                   | P3  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 65,589      | 46634,381  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P4  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,222      | 48506,468  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P5  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 73,137      | 52001,078  | 51,089 | 36324,748  |
|                                   | P7  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 48539,174  | 56,087 | 39878,372  |
|                                   | P8  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 70,677      | 50251,995  | 51,763 | 36803,968  |
|                                   | P9  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,618      | 48788,028  | 50,416 | 35846,239  |
|                                   | P10 | 0,950          | 0,200          | 3,100          | 1501,019   | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 102471,590 | 56,087 | 84187,673  |
|                                   | P11 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 59,268      | 42140,092  | 58,424 | 41540,000  |
|                                   | P12 | 0,300          | 0,950          | 3,100          | 2251,529   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 121397,943 | 58,664 | 132083,700 |
|                                   | P13 | 1,100          | 0,300          | 3,100          | 2607,034   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 140566,040 | 52,639 | 137231,644 |
|                                   | P14 | 1,200          | 0,300          | 3,100          | 2844,037   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 164436,514 | 51,739 | 147147,615 |
|                                   | P15 | 0,400          | 0,400          | 3,100          | 1264,016   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 73082,895  | 44,968 | 56840,285  |
|                                   | P16 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 57,810      | 41103,440  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P17 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P18 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 40,450 | 28760,321  |



|            |     |        |       |       |          |       |          |   |   |        |            |        |            |
|------------|-----|--------|-------|-------|----------|-------|----------|---|---|--------|------------|--------|------------|
|            | P19 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 52,218 | 37127,477  | 36,326 | 25828,119  |
|            | P20 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 56,320 | 40044,037  | 32,302 | 22967,018  |
|            | P21 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 56,320 | 40044,037  | 34,752 | 24708,991  |
|            | P22 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 60,861 | 43272,729  | 34,752 | 24708,991  |
|            | P23 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 55,793 | 39669,335  | 40,450 | 28760,321  |
|            | P24 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 60,888 | 43291,927  | 40,450 | 28760,321  |
|            | P25 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 64,390 | 45781,881  | 40,450 | 28760,321  |
|            | P26 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 63,818 | 45375,183  | 44,968 | 31972,661  |
|            | P27 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 61,918 | 44024,266  | 50,416 | 35846,239  |
|            | P28 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 65,154 | 46325,092  | 50,416 | 35846,239  |
|            | P29 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 59,268 | 42140,092  | 56,087 | 39878,372  |
|            | P30 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 64,043 | 45535,161  | 56,087 | 39878,372  |
|            | P31 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 68,618 | 48788,028  | 53,938 | 38350,413  |
|            | P32 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 71,677 | 50963,005  | 53,938 | 38350,413  |
| Vigas<br>X | V1  | 11,478 | 0,300 | 0,950 | 8336,468 | -     |          | - | - | 57,955 | 483139,997 | 30,698 | 255912,891 |
|            | V18 | 5,600  | 0,300 | 0,950 | 4067,278 | 4,900 | 2797,146 | - | - | 55,018 | 377666,883 | 42,618 | 292548,024 |
|            | V22 | 4,102  | 0,300 | 0,400 | 1254,434 | 3,500 | 1463,507 | - | - | 54,269 | 147499,933 | 32,302 | 87794,926  |
|            | V24 | 4,540  | 0,300 | 0,400 | 1388,379 | 7,000 | 3239,551 | - | - | 58,591 | 271155,087 | 34,752 | 160829,847 |
|            | V25 | 4,728  | 0,300 | 0,950 | 3433,945 | 4,900 | 2361,590 | - | - | 63,225 | 366422,711 | 34,752 | 201406,438 |
|            | V26 | 3,575  | 0,300 | 0,400 | 1093,272 | -     |          | - | - | 54,006 | 59043,257  | 40,450 | 44222,859  |
|            | V27 | 5,094  | 0,300 | 0,400 | 1557,798 | -     |          | - | - | 58,341 | 90883,503  | 40,450 | 63012,936  |
|            | V28 | 3,502  | 0,300 | 0,400 | 1070,948 | -     |          | - | - | 62,639 | 67083,113  | 40,450 | 43319,847  |
|            | V29 | 3,832  | 0,300 | 0,400 | 1171,865 | -     |          | - | - | 66,306 | 77701,710  | 40,450 | 47401,957  |
|            | V30 | 6,000  | 0,300 | 0,400 | 1834,862 | 8,700 | 5321,101 | - | - | 60,818 | 435211,376 | 44,968 | 321789,358 |
|            | V31 | 4,800  | 0,300 | 0,400 | 1467,890 | 8,700 | 4256,881 | - | - | 66,218 | 379082,862 | 44,968 | 257431,486 |
|            | V36 | 3,059  | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 47,931 | 44838,205  |
|            | V32 | 4,100  | 0,300 | 0,400 | 1253,823 | -     |          | - | - | 59,868 | 75063,853  | 50,416 | 63212,722  |

|            |     |       |       |       |          |       |          |   |   |        |            |        |            |
|------------|-----|-------|-------|-------|----------|-------|----------|---|---|--------|------------|--------|------------|
|            | V33 | 3,236 | 0,300 | 0,400 | 989,602  | -     |          | - | - | 63,536 | 62875,381  | 50,416 | 49891,797  |
|            | V34 | 3,464 | 0,300 | 0,400 | 1059,327 | -     |          | - | - | 66,886 | 70854,160  | 50,416 | 53407,041  |
|            | V15 | 3,900 | 0,300 | 0,400 | 1192,661 | 8,700 | 3458,716 | - | - | 55,868 | 259863,083 | 52,214 | 242866,954 |
|            | V42 | 3,059 | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 53,938 | 50457,597  |
|            | V13 | 5,388 | 0,300 | 0,400 | 1647,706 | 3,500 | 1922,324 | - | - | 56,593 | 202038,741 | 58,744 | 209717,876 |
|            | V11 | 4,775 | 0,300 | 0,950 | 3468,081 | 5,600 | 2725,790 | - | - | 61,656 | 381889,313 | 56,087 | 347395,646 |
|            | V10 | 4,225 | 0,300 | 0,950 | 3068,616 | 2,800 | 1205,912 | - | - | 66,156 | 282785,710 | 56,087 | 239745,482 |
|            | V9  | 3,158 | 0,200 | 0,400 | 643,833  | 4,500 | 1448,624 | - | - | 70,148 | 146781,651 | 55,603 | 116346,869 |
|            | V6  | 1,607 | 0,300 | 0,400 | 491,437  | 8,700 | 1425,168 | - | - | 72,407 | 138775,655 | 51,426 | 98563,355  |
| Vigas<br>Y | V21 | 0,300 | 4,024 | 0,400 | 1230,581 | 8,700 | 3568,685 | - | - | 52,218 | 250608,075 | 36,326 | 174338,139 |
|            | V23 | 0,300 | 2,450 | 0,400 | 749,235  | 8,700 | 2172,783 | - | - | 56,320 | 164568,073 | 33,527 | 97966,509  |
|            | V2  | 0,300 | 3,992 | 0,400 | 1220,795 | 8,700 | 3540,306 | - | - | 64,752 | 308290,807 | 32,940 | 156830,664 |
|            | V20 | 0,300 | 4,124 | 0,400 | 1261,162 | 8,700 | 3657,370 | - | - | 52,218 | 256835,910 | 38,388 | 188812,611 |
|            | V3  | 0,300 | 6,277 | 0,400 | 1919,572 | 8,700 | 5566,758 | - | - | 66,905 | 500872,927 | 37,601 | 281493,505 |
|            | V19 | 0,300 | 2,167 | 0,400 | 662,691  | 8,700 | 1921,804 | - | - | 52,218 | 134957,181 | 41,534 | 107344,432 |
|            | V4  | 0,300 | 4,976 | 0,400 | 1521,713 | 8,700 | 4412,966 | - | - | 69,265 | 411065,534 | 42,709 | 253464,201 |
|            | V17 | 0,300 | 2,350 | 0,400 | 718,654  | -     |          | - | - | 57,818 | 41551,162  | 43,793 | 31472,034  |
|            | V16 | 0,300 | 6,772 | 0,400 | 2070,948 | -     |          | - | - | 57,818 | 119738,072 | 48,354 | 100138,620 |
|            | V35 | 0,300 | 2,485 | 0,400 | 759,939  | 8,700 | 2203,823 | - | - | 68,618 | 203367,384 | 49,173 | 145737,043 |
|            | V37 | 0,300 | 3,833 | 0,400 | 1172,171 | 8,700 | 3399,297 | - | - | 71,677 | 327669,104 | 49,847 | 227873,960 |
|            | V5  | 0,300 | 3,450 | 0,400 | 1055,046 | 8,700 | 3059,633 | - | - | 72,407 | 297931,555 | 49,510 | 203717,752 |
|            | V14 | 0,300 | 6,025 | 0,950 | 4375,956 | 2,000 | 1228,338 | - | - | 53,918 | 302172,329 | 55,652 | 311890,175 |
|            | V12 | 0,300 | 2,337 | 0,400 | 714,679  | 3,500 | 833,792  | - | - | 59,268 | 91774,776  | 57,256 | 88659,253  |
|            | V39 | 0,300 | 3,523 | 0,400 | 1077,370 | 8,700 | 3124,373 | - | - | 68,618 | 288315,209 | 52,177 | 219234,351 |
|            | V40 | 0,300 | 2,057 | 0,400 | 629,052  | 8,700 | 1824,251 | - | - | 68,618 | 168340,728 | 54,967 | 134850,692 |
|            | V38 | 0,300 | 2,175 | 0,400 | 665,138  | 8,700 | 1928,899 | - | - | 71,677 | 185932,768 | 52,851 | 137097,433 |
|            | V41 | 0,300 | 1,273 | 0,400 | 389,297  | 8,700 | 1128,960 | - | - | 71,677 | 108824,098 | 54,575 | 82858,869  |

|              |   |       |         |       |            |           |            |          |            |        |              |        |              |
|--------------|---|-------|---------|-------|------------|-----------|------------|----------|------------|--------|--------------|--------|--------------|
| Escadas      | 1 | Área= | 3,806   | 0,250 | 2424,630   | 1,000     | 387,941    | 3,000    | 1163,823   | 69,331 | 275687,371   | 52,851 | 210156,399   |
|              | 2 | Área= | 3,893   | 0,250 | 2480,505   | 1,000     | 396,881    | 3,000    | 1190,642   | 70,148 | 285363,995   | 54,575 | 222012,602   |
|              | 3 | Área= | 3,830   | 0,250 | 2440,048   | 1,000     | 390,408    | 3,000    | 1171,223   | 70,960 | 283959,171   | 52,851 | 211492,758   |
| Cx.<br>elev. | 1 | 0,200 | 3,260   | 3,100 | 5150,866   | -         | -          | -        | -          | 70,993 | 365675,463   | 46,449 | 239252,596   |
|              | 2 | 0,200 | 1,690   | 3,100 | 2670,234   | -         | -          | -        | -          | 69,463 | 185482,496   | 44,968 | 120075,103   |
|              | 3 | 2,960 | 0,200   | 3,100 | 4676,860   | -         | -          | -        | -          | 68,618 | 320916,803   | 46,449 | 217235,486   |
| Lajes        | 1 | Área= | 307,185 | 0,200 | 156567,278 | 2,830     | 88617,080  | 2,000    | 62626,911  | 60,979 | 18770023,379 | 45,298 | 13943234,868 |
|              | 2 | Área= | 11,613  | 0,200 | 5918,960   | 1,000     | 1183,792   | 3,000    | 3551,376   | 70,129 | 747163,373   | 49,835 | 530948,491   |
|              | 3 | Área= | 40,439  | 0,200 | 20611,111  | 2,830     | 11665,889  | 5,000    | 20611,111  | 59,506 | 3147159,940  | 32,578 | 1722988,884  |
|              | 4 | Área= | 42,740  | 0,200 | 21783,894  | 2,830     | 12329,684  | 5,000    | 21783,894  | 54,925 | 3070168,648  | 49,917 | 2790234,108  |
|              | 5 | Área= | 10,506  | 0,200 | 5354,740   | 2,830     | 3030,783   | 5,000    | 5354,740   | 62,255 | 855400,073   | 56,862 | 781298,835   |
| TOTAL        |   |       |         | M=    | 329159,748 | m<br>RCP= | 193200,805 | m<br>SC= | 117453,721 | MX=    | 39040401,928 | MY=    | 28779601,757 |
|              |   |       |         |       |            |           |            |          |            | xCM=   | 61,018       | yCM=   | 44,981       |

**Tabela 3.8 - Centro de massa do Piso 3**

| Cálculo do centro de massa Piso 2 |    |                |                |                |            |     |       |    |      |             |            |        |            |
|-----------------------------------|----|----------------|----------------|----------------|------------|-----|-------|----|------|-------------|------------|--------|------------|
| Elemento                          |    | Secções        |                |                | Massas     |     |       |    |      | Coordenadas |            |        |            |
|                                   |    | L <sub>x</sub> | L <sub>y</sub> | L <sub>z</sub> | Massa (kg) | RCP | m*RCP | SC | m*SC | x           | mx         | y      | my         |
| Pilares                           | P1 | 0,300          | 1,800          | 3,100          | 4266,055   | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 222764,862 | 31,552 | 134602,569 |
|                                   | P2 | 0,300          | 1,150          | 3,100          | 2725,535   | -   | -     | -  | -    | 63,915      | 174202,580 | 31,128 | 84840,459  |
|                                   | P3 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 65,589      | 46634,381  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P4 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,222      | 48506,468  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P5 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 73,137      | 52001,078  | 51,089 | 36324,748  |

|       |     |        |       |       |          |   |   |   |   |        |            |        |            |
|-------|-----|--------|-------|-------|----------|---|---|---|---|--------|------------|--------|------------|
|       | P7  | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 68,268 | 48539,174  | 56,087 | 39878,372  |
|       | P8  | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 70,677 | 50251,995  | 51,763 | 36803,968  |
|       | P9  | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 68,618 | 48788,028  | 50,416 | 35846,239  |
|       | P10 | 0,950  | 0,200 | 3,100 | 1501,019 | - | - | - | - | 68,268 | 102471,590 | 56,087 | 84187,673  |
|       | P11 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 59,268 | 42140,092  | 58,424 | 41540,000  |
|       | P12 | 0,300  | 0,950 | 3,100 | 2251,529 | - | - | - | - | 53,918 | 121397,943 | 58,664 | 132083,700 |
|       | P13 | 1,100  | 0,300 | 3,100 | 2607,034 | - | - | - | - | 53,918 | 140566,040 | 52,639 | 137231,644 |
|       | P14 | 1,200  | 0,300 | 3,100 | 2844,037 | - | - | - | - | 57,818 | 164436,514 | 51,739 | 147147,615 |
|       | P15 | 0,400  | 0,400 | 3,100 | 1264,016 | - | - | - | - | 57,818 | 73082,895  | 44,968 | 56840,285  |
|       | P16 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 57,810 | 41103,440  | 42,618 | 30301,789  |
|       | P17 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 52,218 | 37127,477  | 42,618 | 30301,789  |
|       | P18 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 52,218 | 37127,477  | 40,450 | 28760,321  |
|       | P19 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 52,218 | 37127,477  | 36,326 | 25828,119  |
|       | P20 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 56,320 | 40044,037  | 32,302 | 22967,018  |
|       | P21 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 56,320 | 40044,037  | 34,752 | 24708,991  |
|       | P22 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 60,861 | 43272,729  | 34,752 | 24708,991  |
|       | P23 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 55,793 | 39669,335  | 40,450 | 28760,321  |
|       | P24 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 60,888 | 43291,927  | 40,450 | 28760,321  |
|       | P25 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 64,390 | 45781,881  | 40,450 | 28760,321  |
|       | P26 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 63,818 | 45375,183  | 44,968 | 31972,661  |
|       | P27 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 61,918 | 44024,266  | 50,416 | 35846,239  |
|       | P28 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 65,154 | 46325,092  | 50,416 | 35846,239  |
|       | P29 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 59,268 | 42140,092  | 56,087 | 39878,372  |
|       | P30 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 64,043 | 45535,161  | 56,087 | 39878,372  |
|       | P31 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 68,618 | 48788,028  | 53,938 | 38350,413  |
|       | P32 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | - | - | - | - | 71,677 | 50963,005  | 53,938 | 38350,413  |
| Vigas | V1  | 11,478 | 0,300 | 0,950 | 8336,468 | - | - | - | - | 57,955 | 483139,997 | 30,698 | 255912,891 |

|            |     |       |       |       |          |       |          |   |   |        |            |        |            |
|------------|-----|-------|-------|-------|----------|-------|----------|---|---|--------|------------|--------|------------|
| X          | V18 | 5,600 | 0,300 | 0,950 | 4067,278 | 4,900 | 2797,146 | - | - | 55,018 | 377666,883 | 42,618 | 292548,024 |
|            | V22 | 4,102 | 0,300 | 0,400 | 1254,434 | 3,500 | 1463,507 | - | - | 54,269 | 147499,933 | 32,302 | 87794,926  |
|            | V24 | 4,540 | 0,300 | 0,400 | 1388,379 | 7,000 | 3239,551 | - | - | 58,591 | 271155,087 | 34,752 | 160829,847 |
|            | V25 | 4,728 | 0,300 | 0,950 | 3433,945 | 4,900 | 2361,590 | - | - | 63,225 | 366422,711 | 34,752 | 201406,438 |
|            | V26 | 3,575 | 0,300 | 0,400 | 1093,272 | -     |          | - | - | 54,006 | 59043,257  | 40,450 | 44222,859  |
|            | V27 | 5,094 | 0,300 | 0,400 | 1557,798 | -     |          | - | - | 58,341 | 90883,503  | 40,450 | 63012,936  |
|            | V28 | 3,502 | 0,300 | 0,400 | 1070,948 | -     |          | - | - | 62,639 | 67083,113  | 40,450 | 43319,847  |
|            | V29 | 3,832 | 0,300 | 0,400 | 1171,865 | -     |          | - | - | 66,306 | 77701,710  | 40,450 | 47401,957  |
|            | V30 | 6,000 | 0,300 | 0,400 | 1834,862 | 8,700 | 5321,101 | - | - | 60,818 | 435211,376 | 44,968 | 321789,358 |
|            | V31 | 4,800 | 0,300 | 0,400 | 1467,890 | 8,700 | 4256,881 | - | - | 66,218 | 379082,862 | 44,968 | 257431,486 |
|            | V36 | 3,059 | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 47,931 | 44838,205  |
|            | V32 | 4,100 | 0,300 | 0,400 | 1253,823 | -     |          | - | - | 59,868 | 75063,853  | 50,416 | 63212,722  |
|            | V33 | 3,236 | 0,300 | 0,400 | 989,602  | -     |          | - | - | 63,536 | 62875,381  | 50,416 | 49891,797  |
|            | V34 | 3,464 | 0,300 | 0,400 | 1059,327 | -     |          | - | - | 66,886 | 70854,160  | 50,416 | 53407,041  |
|            | V15 | 3,900 | 0,300 | 0,400 | 1192,661 | 8,700 | 3458,716 | - | - | 55,868 | 259863,083 | 52,214 | 242866,954 |
|            | V42 | 3,059 | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 53,938 | 50457,597  |
|            | V13 | 5,388 | 0,300 | 0,400 | 1647,706 | 3,500 | 1922,324 | - | - | 56,593 | 202038,741 | 58,744 | 209717,876 |
|            | V11 | 4,775 | 0,300 | 0,950 | 3468,081 | 5,600 | 2725,790 | - | - | 61,656 | 381889,313 | 56,087 | 347395,646 |
|            | V10 | 4,225 | 0,300 | 0,950 | 3068,616 | 2,800 | 1205,912 | - | - | 66,156 | 282785,710 | 56,087 | 239745,482 |
|            | V9  | 3,158 | 0,200 | 0,400 | 643,833  | 4,500 | 1448,624 | - | - | 70,148 | 146781,651 | 55,603 | 116346,869 |
|            | V6  | 1,607 | 0,300 | 0,400 | 491,437  | 8,700 | 1425,168 | - | - | 72,407 | 138775,655 | 51,426 | 98563,355  |
| Vigas<br>Y | V21 | 0,300 | 4,024 | 0,400 | 1230,581 | 8,700 | 3568,685 | - | - | 52,218 | 250608,075 | 36,326 | 174338,139 |
|            | V23 | 0,300 | 2,450 | 0,400 | 749,235  | 8,700 | 2172,783 | - | - | 56,320 | 164568,073 | 33,527 | 97966,509  |
|            | V2  | 0,300 | 3,992 | 0,400 | 1220,795 | 8,700 | 3540,306 | - | - | 64,752 | 308290,807 | 32,940 | 156830,664 |
|            | V20 | 0,300 | 4,124 | 0,400 | 1261,162 | 8,700 | 3657,370 | - | - | 52,218 | 256835,910 | 38,388 | 188812,611 |
|            | V3  | 0,300 | 6,277 | 0,400 | 1919,572 | 8,700 | 5566,758 | - | - | 66,905 | 500872,927 | 37,601 | 281493,505 |
|            | V19 | 0,300 | 2,167 | 0,400 | 662,691  | 8,700 | 1921,804 | - | - | 52,218 | 134957,181 | 41,534 | 107344,432 |

|              |     |       |         |       |            |           |            |          |            |        |              |        |              |
|--------------|-----|-------|---------|-------|------------|-----------|------------|----------|------------|--------|--------------|--------|--------------|
|              | V4  | 0,300 | 4,976   | 0,400 | 1521,713   | 8,700     | 4412,966   | -        | -          | 69,265 | 411065,534   | 42,709 | 253464,201   |
|              | V17 | 0,300 | 2,350   | 0,400 | 718,654    | -         |            | -        | -          | 57,818 | 41551,162    | 43,793 | 31472,034    |
|              | V16 | 0,300 | 6,772   | 0,400 | 2070,948   | -         |            | -        | -          | 57,818 | 119738,072   | 48,354 | 100138,620   |
|              | V35 | 0,300 | 2,485   | 0,400 | 759,939    | 8,700     | 2203,823   | -        | -          | 68,618 | 203367,384   | 49,173 | 145737,043   |
|              | V37 | 0,300 | 3,833   | 0,400 | 1172,171   | 8,700     | 3399,297   | -        | -          | 71,677 | 327669,104   | 49,847 | 227873,960   |
|              | V5  | 0,300 | 3,450   | 0,400 | 1055,046   | 8,700     | 3059,633   | -        | -          | 72,407 | 297931,555   | 49,510 | 203717,752   |
|              | V14 | 0,300 | 6,025   | 0,950 | 4375,956   | 2,000     | 1228,338   | -        | -          | 53,918 | 302172,329   | 55,652 | 311890,175   |
|              | V12 | 0,300 | 2,337   | 0,400 | 714,679    | 3,500     | 833,792    | -        | -          | 59,268 | 91774,776    | 57,256 | 88659,253    |
|              | V39 | 0,300 | 3,523   | 0,400 | 1077,370   | 8,700     | 3124,373   | -        | -          | 68,618 | 288315,209   | 52,177 | 219234,351   |
|              | V40 | 0,300 | 2,057   | 0,400 | 629,052    | 8,700     | 1824,251   | -        | -          | 68,618 | 168340,728   | 54,967 | 134850,692   |
|              | V38 | 0,300 | 2,175   | 0,400 | 665,138    | 8,700     | 1928,899   | -        | -          | 71,677 | 185932,768   | 52,851 | 137097,433   |
|              | V41 | 0,300 | 1,273   | 0,400 | 389,297    | 8,700     | 1128,960   | -        | -          | 71,677 | 108824,098   | 54,575 | 82858,869    |
| Escadas      | 1   | Área= | 3,806   | 0,250 | 2424,630   | 1,000     | 387,941    | 3,000    | 1163,823   | 69,331 | 275687,371   | 52,851 | 210156,399   |
|              | 2   | Área= | 3,893   | 0,250 | 2480,505   | 1,000     | 396,881    | 3,000    | 1190,642   | 70,148 | 285363,995   | 54,575 | 222012,602   |
|              | 3   | Área= | 3,830   | 0,250 | 2440,048   | 1,000     | 390,408    | 3,000    | 1171,223   | 70,960 | 283959,171   | 52,851 | 211492,758   |
| Cx.<br>elev. | 1   | 0,200 | 3,260   | 3,100 | 5150,866   | -         | -          | -        | -          | 70,993 | 365675,463   | 46,449 | 239252,596   |
|              | 2   | 0,200 | 1,690   | 3,100 | 2670,234   | -         | -          | -        | -          | 69,463 | 185482,496   | 44,968 | 120075,103   |
|              | 3   | 2,960 | 0,200   | 3,100 | 4676,860   | -         | -          | -        | -          | 68,618 | 320916,803   | 46,449 | 217235,486   |
| Lajes        | 1   | Área= | 307,185 | 0,200 | 156567,278 | 2,830     | 88617,080  | 2,000    | 62626,911  | 60,979 | 18770023,379 | 45,298 | 13943234,868 |
|              | 2   | Área= | 11,613  | 0,200 | 5918,960   | 1,000     | 1183,792   | 3,000    | 3551,376   | 70,129 | 747163,373   | 49,835 | 530948,491   |
|              | 3   | Área= | 40,439  | 0,200 | 20611,111  | 2,830     | 11665,889  | 5,000    | 20611,111  | 59,506 | 3147159,940  | 32,578 | 1722988,884  |
|              | 4   | Área= | 42,740  | 0,200 | 21783,894  | 2,830     | 12329,684  | 5,000    | 21783,894  | 54,925 | 3070168,648  | 49,917 | 2790234,108  |
|              | 5   | Área= | 10,506  | 0,200 | 5354,740   | 2,830     | 3030,783   | 5,000    | 5354,740   | 62,255 | 855400,073   | 56,862 | 781298,835   |
| TOTAL        |     |       |         | M=    | 329159,748 | m<br>RCP= | 193200,805 | m<br>SC= | 117453,721 | MX=    | 39040401,928 | MY=    | 28779601,757 |
|              |     |       |         |       |            |           |            |          |            | xCM=   | 61,018       | yCM=   | 44,981       |

Tabela 3.9 - Centro de massa do Piso 2

| Cálculo do centro de massa Piso 1 |     |                |                |                |            |     |       |    |      |             |            |        |            |
|-----------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|------------|-----|-------|----|------|-------------|------------|--------|------------|
| Elemento                          |     | Secções        |                |                | Massas     |     |       |    |      | Coordenadas |            |        |            |
|                                   |     | L <sub>x</sub> | L <sub>y</sub> | L <sub>z</sub> | Massa (kg) | RCP | m*RCP | SC | m*SC | x           | mx         | y      | my         |
| Pilares                           | P1  | 0,300          | 1,800          | 3,100          | 4266,055   | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 222764,862 | 31,552 | 134602,569 |
|                                   | P2  | 0,300          | 1,150          | 3,100          | 2725,535   | -   | -     | -  | -    | 63,915      | 174202,580 | 31,128 | 84840,459  |
|                                   | P3  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 65,589      | 46634,381  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P4  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,222      | 48506,468  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P5  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 73,137      | 52001,078  | 51,089 | 36324,748  |
|                                   | P7  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 48539,174  | 56,087 | 39878,372  |
|                                   | P8  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 70,677      | 50251,995  | 51,763 | 36803,968  |
|                                   | P9  | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 68,618      | 48788,028  | 50,416 | 35846,239  |
|                                   | P10 | 0,950          | 0,200          | 3,100          | 1501,019   | -   | -     | -  | -    | 68,268      | 102471,590 | 56,087 | 84187,673  |
|                                   | P11 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 59,268      | 42140,092  | 58,424 | 41540,000  |
|                                   | P12 | 0,300          | 0,950          | 3,100          | 2251,529   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 121397,943 | 58,664 | 132083,700 |
|                                   | P13 | 1,100          | 0,300          | 3,100          | 2607,034   | -   | -     | -  | -    | 53,918      | 140566,040 | 52,639 | 137231,644 |
|                                   | P14 | 1,200          | 0,300          | 3,100          | 2844,037   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 164436,514 | 51,739 | 147147,615 |
|                                   | P15 | 0,400          | 0,400          | 3,100          | 1264,016   | -   | -     | -  | -    | 57,818      | 73082,895  | 44,968 | 56840,285  |
|                                   | P16 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 57,810      | 41103,440  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P17 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 42,618 | 30301,789  |
|                                   | P18 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 40,450 | 28760,321  |
|                                   | P19 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 52,218      | 37127,477  | 36,326 | 25828,119  |
|                                   | P20 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 56,320      | 40044,037  | 32,302 | 22967,018  |
|                                   | P21 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 56,320      | 40044,037  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P22 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 60,861      | 43272,729  | 34,752 | 24708,991  |
|                                   | P23 | 0,300          | 0,300          | 3,100          | 711,009    | -   | -     | -  | -    | 55,793      | 39669,335  | 40,450 | 28760,321  |

|            |     |        |       |       |          |       |          |   |   |        |            |        |            |
|------------|-----|--------|-------|-------|----------|-------|----------|---|---|--------|------------|--------|------------|
|            | P24 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 60,888 | 43291,927  | 40,450 | 28760,321  |
|            | P25 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 64,390 | 45781,881  | 40,450 | 28760,321  |
|            | P26 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 63,818 | 45375,183  | 44,968 | 31972,661  |
|            | P27 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 61,918 | 44024,266  | 50,416 | 35846,239  |
|            | P28 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 65,154 | 46325,092  | 50,416 | 35846,239  |
|            | P29 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 59,268 | 42140,092  | 56,087 | 39878,372  |
|            | P30 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 64,043 | 45535,161  | 56,087 | 39878,372  |
|            | P31 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 68,618 | 48788,028  | 53,938 | 38350,413  |
|            | P6  | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  |       |          |   |   | 74,677 | 53096,032  | 54,425 | 38696,674  |
|            | P32 | 0,300  | 0,300 | 3,100 | 711,009  | -     | -        | - | - | 71,677 | 50963,005  | 53,938 | 38350,413  |
| Vigas<br>X | V1  | 11,478 | 0,300 | 0,950 | 8336,468 | -     |          | - | - | 57,955 | 483139,997 | 30,698 | 255912,891 |
|            | V18 | 5,600  | 0,300 | 0,950 | 4067,278 | 4,900 | 2797,146 | - | - | 55,018 | 377666,883 | 42,618 | 292548,024 |
|            | V22 | 4,102  | 0,300 | 0,400 | 1254,434 | 3,500 | 1463,507 | - | - | 54,269 | 147499,933 | 32,302 | 87794,926  |
|            | V24 | 4,540  | 0,300 | 0,400 | 1388,379 | 7,000 | 3239,551 | - | - | 58,591 | 271155,087 | 34,752 | 160829,847 |
|            | V25 | 4,728  | 0,300 | 0,950 | 3433,945 | 4,900 | 2361,590 | - | - | 63,225 | 366422,711 | 34,752 | 201406,438 |
|            | V26 | 3,575  | 0,300 | 0,400 | 1093,272 | -     |          | - | - | 54,006 | 59043,257  | 40,450 | 44222,859  |
|            | V27 | 5,094  | 0,300 | 0,400 | 1557,798 | -     |          | - | - | 58,341 | 90883,503  | 40,450 | 63012,936  |
|            | V28 | 3,502  | 0,300 | 0,400 | 1070,948 | -     |          | - | - | 62,639 | 67083,113  | 40,450 | 43319,847  |
|            | V29 | 3,832  | 0,300 | 0,400 | 1171,865 | -     |          | - | - | 66,306 | 77701,710  | 40,450 | 47401,957  |
|            | V30 | 6,000  | 0,300 | 0,400 | 1834,862 | 8,700 | 5321,101 | - | - | 60,818 | 435211,376 | 44,968 | 321789,358 |
|            | V31 | 4,800  | 0,300 | 0,400 | 1467,890 | 8,700 | 4256,881 | - | - | 66,218 | 379082,862 | 44,968 | 257431,486 |
|            | V36 | 3,059  | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 47,931 | 44838,205  |
|            | V32 | 4,100  | 0,300 | 0,400 | 1253,823 | -     |          | - | - | 59,868 | 75063,853  | 50,416 | 63212,722  |
|            | V33 | 3,236  | 0,300 | 0,400 | 989,602  | -     |          | - | - | 63,536 | 62875,381  | 50,416 | 49891,797  |
|            | V34 | 3,464  | 0,300 | 0,400 | 1059,327 | -     |          | - | - | 66,886 | 70854,160  | 50,416 | 53407,041  |
|            | V15 | 3,900  | 0,300 | 0,400 | 1192,661 | 8,700 | 3458,716 | - | - | 55,868 | 259863,083 | 52,214 | 242866,954 |
|            | V42 | 3,059  | 0,300 | 0,400 | 935,474  | -     |          | - | - | 70,148 | 65621,631  | 53,938 | 50457,597  |



|            |     |       |       |       |          |       |          |       |          |        |            |        |            |
|------------|-----|-------|-------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|--------|------------|--------|------------|
|            | V13 | 5,388 | 0,300 | 0,400 | 1647,706 | 3,500 | 1922,324 | -     | -        | 56,593 | 202038,741 | 58,744 | 209717,876 |
|            | V11 | 4,775 | 0,300 | 0,950 | 3468,081 | 5,600 | 2725,790 | -     | -        | 61,656 | 381889,313 | 56,087 | 347395,646 |
|            | V10 | 4,225 | 0,300 | 0,950 | 3068,616 | 2,800 | 1205,912 | -     | -        | 66,156 | 282785,710 | 56,087 | 239745,482 |
|            | V9  | 3,158 | 0,200 | 0,400 | 643,833  | 4,500 | 1448,624 | -     | -        | 70,148 | 146781,651 | 55,603 | 116346,869 |
|            | V8  | 3,101 | 0,300 | 0,400 | 948,318  | -     |          |       |          | 73,177 | 69395,069  | 54,818 | 51984,898  |
|            | V6  | 1,607 | 0,300 | 0,400 | 491,437  | 8,700 | 1425,168 | -     | -        | 72,407 | 138775,655 | 51,426 | 98563,355  |
| Vigas<br>Y | V21 | 0,300 | 4,024 | 0,400 | 1230,581 | 8,700 | 3568,685 | -     | -        | 52,218 | 250608,075 | 36,326 | 174338,139 |
|            | V23 | 0,300 | 2,450 | 0,400 | 749,235  | 8,700 | 2172,783 | -     | -        | 56,320 | 164568,073 | 33,527 | 97966,509  |
|            | V2  | 0,300 | 3,992 | 0,400 | 1220,795 | 8,700 | 3540,306 | -     | -        | 64,752 | 308290,807 | 32,940 | 156830,664 |
|            | V20 | 0,300 | 4,124 | 0,400 | 1261,162 | 8,700 | 3657,370 | -     | -        | 52,218 | 256835,910 | 38,388 | 188812,611 |
|            | V3  | 0,300 | 6,277 | 0,400 | 1919,572 | 8,700 | 5566,758 | -     | -        | 66,905 | 500872,927 | 37,601 | 281493,505 |
|            | V19 | 0,300 | 2,167 | 0,400 | 662,691  | 8,700 | 1921,804 | -     | -        | 52,218 | 134957,181 | 41,534 | 107344,432 |
|            | V4  | 0,300 | 4,976 | 0,400 | 1521,713 | 8,700 | 4412,966 | -     | -        | 69,265 | 411065,534 | 42,709 | 253464,201 |
|            | V17 | 0,300 | 2,350 | 0,400 | 718,654  | -     |          | -     | -        | 57,818 | 41551,162  | 43,793 | 31472,034  |
|            | V16 | 0,300 | 6,772 | 0,400 | 2070,948 | -     |          | -     | -        | 57,818 | 119738,072 | 48,354 | 100138,620 |
|            | V35 | 0,300 | 2,485 | 0,400 | 759,939  | 8,700 | 2203,823 | -     | -        | 68,618 | 203367,384 | 49,173 | 145737,043 |
|            | V37 | 0,300 | 3,833 | 0,400 | 1172,171 | 8,700 | 3399,297 | -     | -        | 71,677 | 327669,104 | 49,847 | 227873,960 |
|            | V5  | 0,300 | 3,450 | 0,400 | 1055,046 | 8,700 | 3059,633 | -     | -        | 72,407 | 297931,555 | 49,510 | 203717,752 |
|            | V14 | 0,300 | 6,025 | 0,950 | 4375,956 | 2,000 | 1228,338 | -     | -        | 53,918 | 302172,329 | 55,652 | 311890,175 |
|            | V12 | 0,300 | 2,337 | 0,400 | 714,679  | 3,500 | 833,792  | -     | -        | 59,268 | 91774,776  | 57,256 | 88659,253  |
|            | V39 | 0,300 | 3,523 | 0,400 | 1077,370 | 8,700 | 3124,373 | -     | -        | 68,618 | 288315,209 | 52,177 | 219234,351 |
|            | V40 | 0,300 | 2,057 | 0,400 | 629,052  | 8,700 | 1824,251 | -     | -        | 68,618 | 168340,728 | 54,967 | 134850,692 |
|            | V38 | 0,300 | 2,175 | 0,400 | 665,138  | 8,700 | 1928,899 | -     | -        | 71,677 | 185932,768 | 52,851 | 137097,433 |
|            | V7  | 0,300 | 3,674 | 0,400 | 1123,547 | -     |          |       |          | 73,907 | 83038,018  | 52,757 | 59274,990  |
|            | V41 | 0,300 | 1,273 | 0,400 | 389,297  | 8,700 | 1128,960 | -     | -        | 71,677 | 108824,098 | 54,575 | 82858,869  |
| Escadas    | 1   | Área= | 3,806 | 0,250 | 2424,630 | 1,000 | 387,941  | 3,000 | 1163,823 | 69,331 | 275687,371 | 52,851 | 210156,399 |
|            | 2   | Área= | 3,893 | 0,250 | 2480,505 | 1,000 | 396,881  | 3,000 | 1190,642 | 70,148 | 285363,995 | 54,575 | 222012,602 |

|              |   |       |         |       |            |           |            |          |            |        |              |        |              |
|--------------|---|-------|---------|-------|------------|-----------|------------|----------|------------|--------|--------------|--------|--------------|
|              | 3 | Área= | 3,830   | 0,250 | 2440,048   | 1,000     | 390,408    | 3,000    | 1171,223   | 70,960 | 283959,171   | 52,851 | 211492,758   |
| Cx.<br>elev. | 1 | 0,200 | 3,260   | 3,100 | 5150,866   | -         | -          | -        | -          | 70,993 | 365675,463   | 46,449 | 239252,596   |
|              | 2 | 0,200 | 1,690   | 3,100 | 2670,234   | -         | -          | -        | -          | 69,463 | 185482,496   | 44,968 | 120075,103   |
|              | 3 | 2,960 | 0,200   | 3,100 | 4676,860   | -         | -          | -        | -          | 68,618 | 320916,803   | 46,449 | 217235,486   |
| Lajes        | 1 | Área= | 307,185 | 0,200 | 156567,278 | 2,830     | 88617,080  | 2,000    | 62626,911  | 60,979 | 18770023,379 | 45,298 | 13943234,868 |
|              | 2 | Área= | 11,613  | 0,200 | 5918,960   | 1,000     | 1183,792   | 3,000    | 3551,376   | 70,129 | 747163,373   | 49,835 | 530948,491   |
|              | 3 | Área= | 40,439  | 0,200 | 20611,111  | 2,830     | 11665,889  | 5,000    | 20611,111  | 59,506 | 3147159,940  | 32,578 | 1722988,884  |
|              | 4 | Área= | 42,740  | 0,200 | 21783,894  | 2,830     | 12329,684  | 5,000    | 21783,894  | 54,925 | 3070168,648  | 49,917 | 2790234,108  |
|              | 5 | Área= | 10,506  | 0,200 | 5354,740   | 2,830     | 3030,783   | 5,000    | 5354,740   | 62,255 | 855400,073   | 56,862 | 781298,835   |
|              | 6 | Área= | 8,183   | 0,200 | 4170,744   | 4,330     | 3611,864   | 0,400    | 333,660    | 72,839 | 591180,852   | 53,284 | 432467,229   |
| TOTAL        |   |       |         | M=    | 336113,366 | m<br>RCP= | 196812,670 | m<br>SC= | 117787,380 | MX=    | 39837111,899 | MY=    | 29362025,549 |
|              |   |       |         |       |            |           |            |          |            | xCM=   | 61,221       | yCM=   | 45,123       |

**Tabela 3.10 - Centro de massa do Piso 1**

## Anexo 4. Cálculo da torção mínima

| Cálculo das rigidezes Cobertura |            |                |                         |             |        |
|---------------------------------|------------|----------------|-------------------------|-------------|--------|
| Piso                            | Direcção   | Força aplicada | Deslocamento obtido (m) | Rigidez     |        |
| Cob.                            | Horizontal | 1000           | 0,02020                 | 49504,950   | =kx    |
|                                 | Vertical   | 1000           | 0,01410                 | 70921,986   | =ky    |
|                                 | Rotação    | 1000           | 0,00038                 | 2631578,947 | =kteta |

**Tabela 4.1 - Rigidezes de translação e rotação da Cobertura**

| Cálculo do raio de giração Cobertura |        |                |                |                |
|--------------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|
| Elemento                             | Área   | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>s</sub> |
| Laje                                 | 30,510 | 280,281        | 22,551         | 3,151          |

**Tabela 4.2 - Raio de giração da Cobertura**

| Verificação do raio de torção Cobertura |                 |                |
|---|-----------------|----------------|
| r <sub>x</sub>                          | r <sub>y</sub>  | l <sub>s</sub> |
| 6,091                                   | 7,291           | 3,151          |
| Verifica para X                         | Verifica para Y |                |
| Apresenta torção mínima                 |                 |                |

**Tabela 4.3 - Verificação da torção mínima da Cobertura**

| Cálculo das rigidezes Piso 4 |            |                |                         |              |        |
|------------------------------|------------|----------------|-------------------------|--------------|--------|
| Piso                         | Direcção   | Força aplicada | Deslocamento obtido (m) | Rigidez      |        |
| 4                            | Horizontal | 1000           | 0,00730                 | 136986,301   | =kx    |
|                              | Vertical   | 1000           | 0,00540                 | 185185,185   | =ky    |
|                              | Rotação    | 1000           | 0,00007                 | 14285714,286 | =kteta |

**Tabela 4.4 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 4**

| Cálculo do raio de giração Piso 4 |         |                |                |                |
|-----------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| Elemento                          | Área    | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>s</sub> |
| Laje                              | 412,438 | 24960,678      | 9223,467       | 9,104          |

**Tabela 4.5 - Raio de giração do Piso 4**

| Verificação do raio de torção Piso 4 |                 |                |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|
| r <sub>x</sub>                       | r <sub>y</sub>  | l <sub>s</sub> |
| 8,783                                | 10,212          | 9,104          |
| Não verifica para X                  | verifica para Y |                |
| Não apresenta torção mínima          |                 |                |

**Tabela 4.6 - Verificação da torção mínima do Piso 4**

| Cálculo das rigidezes Piso 3 |            |                |                         |              |        |
|------------------------------|------------|----------------|-------------------------|--------------|--------|
| Piso                         | Direcção   | Força aplicada | Deslocamento obtido (m) | Rigidez      |        |
| 3                            | Horizontal | 1000           | 0,00460                 | 217391,304   | =kx    |
|                              | Vertical   | 1000           | 0,00350                 | 285714,286   | =ky    |
|                              | Rotação    | 1000           | 0,00005                 | 20000000,000 | =kteta |

**Tabela 4.7 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 3**

| Cálculo do raio de giração Piso 3 |         |                |                |                |
|-----------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| Elemento                          | Área    | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>s</sub> |
| Laje                              | 412,438 | 24960,678      | 9223,467       | 9,104          |

**Tabela 4.8 - Raio de giração do Piso 3**

| Verificação do raio de torção Piso 3 |                 |                |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|
| r <sub>x</sub>                       | r <sub>y</sub>  | l <sub>s</sub> |
| 8,367                                | 9,592           | 9,104          |
| Não Verifica para X                  | Verifica para Y |                |
| Não apresenta torção mínima          |                 |                |

**Tabela 4.9 - Verificação da torção mínima do Piso 3**

| Cálculo das rigidezes Piso 2 |            |                |                         |              |        |
|------------------------------|------------|----------------|-------------------------|--------------|--------|
| Piso                         | Direcção   | Força aplicada | Deslocamento obtido (m) | Rigidez      |        |
| 2                            | Horizontal | 1000           | 0,00240                 | 416666,667   | =kx    |
|                              | Vertical   | 1000           | 0,00170                 | 588235,294   | =ky    |
|                              | Rotação    | 1000           | 0,00003                 | 33333333,333 | =kteta |

**Tabela 4.10 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 2**

| Cálculo do raio de giração Piso 2 |         |                |                |                |
|-----------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| Elemento                          | Área    | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>s</sub> |
| Laje                              | 412,438 | 24960,678      | 9223,467       | 9,104          |

**Tabela 4.11 - Raio de giração do Piso 2**

| Verificação do raio de torção Piso 2 |                     |                |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|
| r <sub>x</sub>                       | r <sub>y</sub>      | l <sub>s</sub> |
| 7,528                                | 8,944               | 9,104          |
| Não Verifica para X                  | Não Verifica para Y |                |
| Não apresenta torção mínima          |                     |                |

**Tabela 4.12 - Verificação da torção mínima do Piso 2**

| Cálculo das rigidezes Piso 1 |            |                |                         |               |        |
|------------------------------|------------|----------------|-------------------------|---------------|--------|
| Piso                         | Direcção   | Força aplicada | Deslocamento obtido (m) | Rigidez       |        |
| 1                            | Horizontal | 1000           | 0,00090                 | 1111111,111   | =kx    |
|                              | Vertical   | 1000           | 0,00050                 | 2000000,000   | =ky    |
|                              | Rotação    | 1000           | 0,00001                 | 107469102,633 | =kteta |

**Tabela 4.13 - Rigidezes de translação e rotação do Piso 1**

| Cálculo do raio de giração Piso 1 |         |                |                |                |
|-----------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| Elemento                          | Área    | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>s</sub> |
| Laje                              | 420,640 | 25625,842      | 10449,342      | 9,261          |

**Tabela 4.14 - Raio de giração do Piso 1**

| Verificação do raio de torção Piso 1 |                 |       |
|--------------------------------------|-----------------|-------|
| $r_x$                                | $r_y$           | $I_s$ |
| 7,330                                | 9,835           | 9,261 |
| Não Verifica para X                  | Verifica para Y |       |
| Não apresenta torção mínima          |                 |       |

**Tabela 4.15 - Verificação da torção mínima do Piso 1**

## Anexo 5. Valores da participação modal

| Factores de participação modal |             |                 |        |        |        |        |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Modo                           | Período (s) | Frequência (Hz) | Ux (%) | Uy (%) | Uz (%) | Rz (%) | Somatório Ux (%) | Somatório Uy (%) | Somatório Uz (%) | Somatório Rz (%) |
| 1                              | 0,626       | 1,596           | 0,161  | 0,282  | 0,000  | 0,183  | 0,161            | 0,282            | 0,000            | 0,183            |
| 2                              | 0,574       | 1,741           | 0,472  | 0,052  | 0,000  | 0,107  | 0,633            | 0,334            | 0,000            | 0,290            |
| 3                              | 0,411       | 2,433           | 0,007  | 0,270  | 0,000  | 0,305  | 0,640            | 0,603            | 0,000            | 0,595            |
| 4                              | 0,192       | 5,214           | 0,049  | 0,033  | 0,000  | 0,018  | 0,689            | 0,637            | 0,000            | 0,613            |
| 5                              | 0,182       | 5,483           | 0,050  | 0,017  | 0,001  | 0,029  | 0,740            | 0,654            | 0,001            | 0,642            |
| 6                              | 0,126       | 7,920           | 0,015  | 0,007  | 0,000  | 0,002  | 0,755            | 0,660            | 0,001            | 0,644            |
| 7                              | 0,116       | 8,625           | 0,000  | 0,066  | 0,001  | 0,052  | 0,755            | 0,726            | 0,002            | 0,696            |
| 8                              | 0,113       | 8,831           | 0,000  | 0,001  | 0,110  | 0,001  | 0,755            | 0,727            | 0,112            | 0,697            |
| 9                              | 0,111       | 8,982           | 0,000  | 0,002  | 0,029  | 0,000  | 0,755            | 0,729            | 0,141            | 0,697            |
| 10                             | 0,109       | 9,204           | 0,009  | 0,002  | 0,014  | 0,009  | 0,763            | 0,731            | 0,155            | 0,706            |
| 11                             | 0,108       | 9,246           | 0,001  | 0,000  | 0,169  | 0,001  | 0,764            | 0,731            | 0,323            | 0,707            |
| 12                             | 0,104       | 9,612           | 0,001  | 0,003  | 0,000  | 0,001  | 0,765            | 0,734            | 0,324            | 0,708            |
| 13                             | 0,103       | 9,701           | 0,000  | 0,001  | 0,001  | 0,000  | 0,766            | 0,735            | 0,325            | 0,708            |
| 14                             | 0,102       | 9,817           | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,001  | 0,766            | 0,736            | 0,325            | 0,709            |
| 15                             | 0,100       | 9,952           | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,766            | 0,736            | 0,325            | 0,709            |
| 16                             | 0,098       | 10,161          | 0,000  | 0,000  | 0,097  | 0,000  | 0,766            | 0,736            | 0,423            | 0,710            |
| 17                             | 0,097       | 10,343          | 0,000  | 0,001  | 0,031  | 0,000  | 0,766            | 0,737            | 0,453            | 0,710            |
| 18                             | 0,095       | 10,517          | 0,003  | 0,006  | 0,005  | 0,007  | 0,769            | 0,744            | 0,459            | 0,717            |
| 19                             | 0,090       | 11,079          | 0,001  | 0,000  | 0,009  | 0,000  | 0,770            | 0,744            | 0,468            | 0,717            |
| 20                             | 0,090       | 11,096          | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,770            | 0,744            | 0,468            | 0,717            |
| 21                             | 0,089       | 11,213          | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,770            | 0,744            | 0,469            | 0,717            |
| 22                             | 0,089       | 11,230          | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,770            | 0,744            | 0,470            | 0,717            |
| 23                             | 0,089       | 11,259          | 0,002  | 0,001  | 0,002  | 0,000  | 0,772            | 0,744            | 0,472            | 0,717            |
| 24                             | 0,088       | 11,364          | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,772            | 0,744            | 0,472            | 0,717            |
| 25                             | 0,087       | 11,454          | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,474            | 0,717            |
| 26                             | 0,087       | 11,537          | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,474            | 0,718            |
| 27                             | 0,086       | 11,607          | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,475            | 0,718            |
| 28                             | 0,085       | 11,710          | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,475            | 0,718            |
| 29                             | 0,084       | 11,968          | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,476            | 0,718            |
| 30                             | 0,083       | 11,983          | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  | 0,772            | 0,745            | 0,476            | 0,718            |

Tabela 5.1 - Valores da participação modal do edifício

## Anexo 6. Espaços máximos das vigas

| Espaços máximos das vigas Piso 0 |           |               |               |       |                  |
|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|-------|------------------|
| Viga                             | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | s (m) | Zona crítica (m) |
| V6                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V7                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V8                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V9                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V10                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V11                              | 0,95      | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V12                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V13                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V14                              | 0,95      | 8             | 12            | 0,160 | 0,150            |
| V15                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V16                              | 0,4       | 8             | 20            | 0,096 | 0,075            |
| V16'                             | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V17                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V18                              | 0,95      | 8             | 12            | 0,128 | 0,125            |
| V19                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V20                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V21                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V22                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V23                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V24                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V25                              | 0,95      | 8             | 11            | 0,096 | 0,075            |
| V26                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,080 | 0,075            |
| V27                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V28                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V29                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V30                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V31                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V32                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V33                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V34                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V35                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V36                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V37                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V38                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V39                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V40                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |

|     |      |   |    |       |       |
|-----|------|---|----|-------|-------|
| V41 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V42 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V43 | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,125 |

**Tabela 6.1 - Espaços máximos das vigas do Piso 0**

| Espaços máximos das vigas Piso 1 |           |               |               |       |                  |
|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|-------|------------------|
| Viga                             | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | s (m) | Zona crítica (m) |
| V1                               | 0,95      | 8             | 20            | 0,160 | 0,150            |
| V2                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V3                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V4                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V5                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V6                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V7                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V8                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V9                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V10                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V11                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V12                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V13                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V14                              | 0,95      | 8             | 25            | 0,160 | 0,150            |
| V15                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V16                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V16'                             | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V17                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V18                              | 0,95      | 8             | 20            | 0,128 | 0,125            |
| V19                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V20                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V21                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V22                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V23                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V24                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V25                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096 | 0,075            |
| V26                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,080 | 0,075            |
| V27                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V28                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V29                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V30                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V31                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |
| V32                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096 | 0,075            |



|     |      |   |    |       |       |
|-----|------|---|----|-------|-------|
| V33 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V34 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V35 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V36 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V37 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V38 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V39 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V40 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V41 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V42 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V43 | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,125 |

**Tabela 6.2 - Espaçamentos máximos das vigas do Piso 1**

| Espaçamentos máximos das vigas Piso 2 |           |               |               |         |                  |
|---------------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------|------------------|
| Viga                                  | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) | Zona crítica (m) |
| V1                                    | 0,95      | 8             | 20            | 0,160   | 0,150            |
| V2                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V3                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V4                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V5                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V6                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V7                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V8                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V9                                    | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V10                                   | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V11                                   | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V12                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V13                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V14                                   | 0,95      | 8             | 25            | 0,160   | 0,150            |
| V15                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V16                                   | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V16'                                  | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V17                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V18                                   | 0,95      | 8             | 20            | 0,128   | 0,125            |
| V19                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V20                                   | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V21                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V22                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V23                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V24                                   | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V25                                   | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V26                                   | 0,4       | 8             | 12            | 0,080   | 0,075            |

|     |      |   |    |       |       |
|-----|------|---|----|-------|-------|
| V27 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V28 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V29 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V30 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V31 | 0,4  | 8 | 16 | 0,096 | 0,075 |
| V32 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V33 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V34 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V35 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V36 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V37 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V38 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V39 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V40 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V41 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V42 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V43 | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,125 |

**Tabela 6.3 - Espaços máximos das vigas do Piso 2**

| Espaços máximos das vigas Piso 3 |           |               |               |         |                  |
|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------|------------------|
| Viga                             | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) | Zona crítica (m) |
| V1                               | 0,95      | 8             | 16            | 0,160   | 0,150            |
| V2                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V3                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V4                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V5                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V6                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V7                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V8                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V9                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V10                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V11                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V12                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V13                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V14                              | 0,95      | 8             | 25            | 0,160   | 0,150            |
| V15                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V16                              | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V16'                             | 0,4       | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V17                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V18                              | 0,95      | 8             | 20            | 0,128   | 0,125            |
| V19                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V20                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |

|     |      |   |    |       |       |
|-----|------|---|----|-------|-------|
| V21 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V22 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V23 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V24 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V25 | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V26 | 0,4  | 8 | 12 | 0,080 | 0,075 |
| V27 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V28 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V29 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V30 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V31 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V32 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V33 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V34 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V35 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V36 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V37 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V38 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V39 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V40 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V41 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V42 | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V43 | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,125 |

**Tabela 6.4 - Espaços máximos das vigas do Piso 3**

| Espaços máximos das vigas Piso 4 |           |               |               |         |                  |
|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------|------------------|
| Viga                             | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) | Zona crítica (m) |
| V1                               | 0,95      | 8             | 16            | 0,160   | 0,150            |
| V2                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V3                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V4                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V5                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V6                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V7                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V8                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V9                               | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V10                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V11                              | 0,95      | 8             | 16            | 0,096   | 0,075            |
| V12                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V13                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V14                              | 0,95      | 8             | 20            | 0,160   | 0,150            |
| V15                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V16                              | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |

|      |      |   |    |       |       |
|------|------|---|----|-------|-------|
| V16' | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V17  | 0,4  | 8 | 16 | 0,096 | 0,075 |
| V18  | 0,95 | 8 | 12 | 0,128 | 0,125 |
| V19  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V20  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V21  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V22  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V23  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V24  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V25  | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V26  | 0,4  | 8 | 12 | 0,080 | 0,075 |
| V27  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V28  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V29  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V30  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V31  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V32  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V33  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V34  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V35  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V36  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V37  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V38  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V39  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V40  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V41  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V42  | 0,4  | 8 | 12 | 0,096 | 0,075 |
| V43  | 0,95 | 8 | 12 | 0,096 | 0,125 |

**Tabela 6.5 - Espaços máximos das vigas do Piso 4**

| Espaços máximos das vigas Cobertura |           |               |               |         |                  |
|-------------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------|------------------|
| Viga                                | $h_w$ (m) | $d_{bw}$ (mm) | $d_{bl}$ (mm) | $s$ (m) | Zona crítica (m) |
| V5                                  | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V6                                  | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V9                                  | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V35                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V36                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V37                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V38                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V39                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V40                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |
| V41                                 | 0,4       | 8             | 12            | 0,096   | 0,075            |

**Tabela 6.6 - Espaços máximos das vigas da Cobertura**

## Anexo 7. Valores das armaduras das vigas

| Armadura longitudinal das vigas de Fundação |      |                                 |       |       |                     |           |           |                               |       |       |
|---|------|---------------------------------|-------|-------|---------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------|-------|
| Viga  | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm²) |       |       | Disposição adoptada |           |           | A <sub>s</sub> adoptada (cm²) |       |       |
|   |      | Início                          | Meio  | Fim   | Início              | Meio      | Fim       | Início                        | Meio  | Fim   |
| V1  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V2  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V3  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V4  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V5  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V6  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V7  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V8  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V9  | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V10   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V11   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V12   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V13   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V14   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V15   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V16   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V17   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V18   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
| V19   | Sup. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |
|   | Inf. | 4,041                           | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12           | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273                         | 4,273 | 4,273 |

|     |      |       |       |       |           |           |           |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| V20 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V21 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V22 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V23 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V24 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V25 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V26 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
| V27 | Sup. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |
|     | Inf. | 4,041 | 4,041 | 4,041 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 4,273 | 4,273 | 4,273 |

**Tabela 7.1 - Armadura longitudinal das vigas de fundação**

| Armadura longitudinal das vigas Piso 0 (r/chão) |      |  |        |       |                    |      |           |   |       |       |
|---|------|--|--------|-------|--------------------|------|-----------|---|-------|-------|
| Viga  | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |       | Disposição adotada |      |           | A <sub>s</sub> adotada (cm <sup>2</sup> ) |       |       |
|   |      | Início                                       | Meio   | Fim   | Início             | Meio | Fim       | Início                                    | Meio  | Fim   |
| V6  | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V10   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,287 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 5,065 | 3Ø12               | 3Ø12 | 2Ø16+1Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 5,152 |
| V11   | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V12   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V14   | Sup. | 4,97   | 3,172  | 3,172 | 2Ø16+1Ø12          | 3Ø12 | 3Ø12      | 5,152                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V15   | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V16   | Sup. | 4,396  | As,min | 3,172 | 2Ø16+1Ø12          | 3Ø12 | 3Ø12      | 5,152                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V16'  | Sup. | As,min                                       | 3,21   | 7,755 | 3Ø12               | 3Ø12 | 2Ø20+1Ø16 | 3,393                                     | 3,393 | 8,294 |
|   | Inf. | 3,172  | As,min | 3,716 | 3Ø12               | 3Ø12 | 1Ø16+2Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 4,273 |
| V17   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V18   | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V22   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|   | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12      | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |

|     |      |       |        |       |           |      |      |       |       |       |
|-----|------|-------|--------|-------|-----------|------|------|-------|-------|-------|
| V23 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V24 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,812 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V25 | Sup. | 3,234 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V26 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V27 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V28 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V29 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V30 | Sup. | 3,979 | As,min | 5,21  | 1Ø16+2Ø12 | 3Ø12 | 3Ø16 | 4,273 | 3,393 | 6,032 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V31 | Sup. | 3,935 | As,min | 3,172 | 1Ø16+2Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 4,273 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V32 | Sup. | 3,707 | As,min | 3,172 | 1Ø16+2Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 4,273 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V33 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V34 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V35 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V36 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V37 | Sup. | 3,628 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,481 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
| V38 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V39 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V40 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V41 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V42 | Sup. | 3,84  | 3,172  | 3,172 | 1Ø16+2Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 4,273 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,283 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |

**Tabela 7.2 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 0**

| Armadura longitudinal das vigas Piso 1 |      |  |        |        |                     |           |           |  |        |        |
|--|------|--|--------|--------|---------------------|-----------|-----------|--|--------|--------|
| Viga                                   | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |        | Disposição adoptada |           |           | A <sub>s</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> ) |        |        |
|  |      | Início                                       | Meio   | Fim    | Início              | Meio      | Fim       | Início                                     | Meio   | Fim    |
| V1                                     | Sup. | 8,656  | 7,703  | 7,961  | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425  | 9,425  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425  | 9,425  |
| V2                                     | Sup. | 3,31   | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V3                                     | Sup. | 3,329  | As,min | 3,363  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V4                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V5                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V6                                     | Sup. | 3,447  | 3,172  | 3,244  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,563  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V7                                     | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V8                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V9                                     | Sup. | 3,213  | 1,949  | 2,12   | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 1,949  | 1,949  | 1,949  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V10                                    | Sup. | 7,703  | 7,703  | 9,19   | 5Ø16                | 5Ø16      | 5Ø16      | 10,053                                     | 10,053 | 10,053 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V11                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 5Ø16                | 5Ø16      | 5Ø16      | 10,053                                     | 10,053 | 10,053 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V12                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V13                                    | Sup. | 4,095  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V14                                    | Sup. | 19,806                                       | 7,703  | 17,816 | 3Ø25+2Ø20           | 3Ø25      | 3Ø25+2Ø20 | 21,009                                     | 14,726 | 21,009 |
|  | Inf. | 13,25  | 7,703  | 13,647 | 3Ø25                | 3Ø25      | 3Ø25      | 14,726                                     | 14,726 | 14,726 |
| V15                                    | Sup. | 4,691  | 3,172  | 3,491  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 5,655  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16                                    | Sup. | 5,779  | As,min | 3,172  | 3Ø16                | 3Ø16      | 3Ø16      | 6,032                                      | 6,032  | 6,032  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16'                                   | Sup. | As,min                                       | 4,638  | 10,518 | 3Ø16                | 3Ø16      | 3Ø16+2Ø20 | 6,032                                      | 6,032  | 12,315 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 4,954  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
| V17                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,919  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V18                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V19                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,658  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
|  | Inf. | 3,172  | As,min | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V20                                    | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 7,414  |



|     |      |       |        |       |           |           |           |       |       |       |
|-----|------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V21 | Sup. | 6,402 | 3,172  | 3,979 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 7,414 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,385 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V22 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V23 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V24 | Sup. | 3,464 | As,min | 5,105 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V25 | Sup. | 7,703 | As,min | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
|     | Inf. | 7,703 | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
| V26 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V27 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V28 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V29 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V30 | Sup. | 5,953 | As,min | 4,815 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 7,414 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V31 | Sup. | 4,377 | 3,172  | 4,084 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V32 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V33 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V34 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V35 | Sup. | 3,851 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V36 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V37 | Sup. | 3,601 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V38 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V39 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V40 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,875 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,966 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
| V41 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V42 | Sup. | 3,877 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,177 | 3,529  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |

|     |      |       |       |       |      |      |      |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| V43 | Sup. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |
|     | Inf. | 5,135 | 5,135 | 5,673 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |

**Tabela 7.3 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 1**

| Armadura longitudinal das vigas Piso 2 |      |  |        |        |                     |           |           |  |        |        |
|--|------|--|--------|--------|---------------------|-----------|-----------|--|--------|--------|
| Viga                                   | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |        | Disposição adoptada |           |           | A <sub>s</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> ) |        |        |
|  |      | Início                                       | Meio   | Fim    | Início              | Meio      | Fim       | Início                                     | Meio   | Fim    |
| V1                                     | Sup. | 8,887  | 7,703  | 8,461  | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425  | 9,425  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425  | 9,425  |
| V2                                     | Sup. | 3,802  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V3                                     | Sup. | 3,1  | As,min | 3,334  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V4                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V5                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V6                                     | Sup. | 3,979  | 3,172  | 3,531  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 4,02   | 3,172  | 3,284  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
| V9                                     | Sup. | 3,647  | 1,949  | 2,527  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 1,949  | 1,949  | 2,803  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V10                                    | Sup. | 7,703  | 7,703  | 8,623  | 5Ø16                | 5Ø16      | 5Ø16      | 10,053                                     | 10,053 | 10,053 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V11                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 5Ø16                | 5Ø16      | 5Ø16      | 10,053                                     | 10,053 | 10,053 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V12                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V13                                    | Sup. | 3,933  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V14                                    | Sup. | 20,326                                       | 7,703  | 17,759 | 3Ø25+2Ø20           | 3Ø25      | 3Ø25+2Ø20 | 21,009                                     | 14,726 | 21,009 |
|  | Inf. | 13,602                                       | 7,703  | 13,899 | 3Ø25                | 3Ø25      | 3Ø25      | 14,726                                     | 14,726 | 14,726 |
| V15                                    | Sup. | 4,245  | 3,172  | 3,265  | 3Ø12                | 3Ø12      | 2Ø12+1Ø16 | 5,655                                      | 3,393  | 4,273  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16                                    | Sup. | 5,936  | As,min | 3,172  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16      | 3Ø16      | 6,032                                      | 6,032  | 6,032  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16'                                   | Sup. | As,min                                       | 4,831  | 10,937 | 3Ø12                | 3Ø16      | 3Ø16+2Ø20 | 3,393                                      | 6,032  | 12,315 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 5,137  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
| V17                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 4,035  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V18                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V19                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,423  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | As,min | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |

|     |      |       |        |       |           |           |           |       |       |       |
|-----|------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| V20 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 7,414 |
| V21 | Sup. | 6,724 | 3,172  | 3,867 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 7,414 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,257 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V22 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V23 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V24 | Sup. | 3,522 | As,min | 4,946 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 7,414 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V25 | Sup. | 7,703 | As,min | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
|     | Inf. | 7,703 | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
| V26 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V27 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V28 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V29 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V30 | Sup. | 5,853 | As,min | 4,618 | 2Ø16+3Ø12 | 3Ø12      | 2Ø16+1Ø12 | 7,414 | 3,393 | 5,152 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V31 | Sup. | 4,43  | 3,172  | 4,769 | 2Ø16+1Ø12 | 3Ø12      | 2Ø16+1Ø12 | 5,152 | 3,393 | 5,152 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V32 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V33 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V34 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V35 | Sup. | 4,632 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V36 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V37 | Sup. | 4,496 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V38 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V39 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V40 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,863 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,695 | 3,172  | 3,757 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
| V41 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V42 | Sup. | 3,209 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |

|     |      |       |       |       |      |      |      |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Inf. | 3,172 | 3,172 | 3,172 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393 | 4,273 | 3,393 |
| V43 | Sup. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |
|     | Inf. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |

**Tabela 7.4 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 2**

| Armadura longitudinal das vigas Piso 3 |      |  |        |        |                     |           |           |  |        |        |
|--|------|--|--------|--------|---------------------|-----------|-----------|--|--------|--------|
| Viga                                   | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |        | Disposição adoptada |           |           | A <sub>s</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> ) |        |        |
|  |      | Início                                       | Meio   | Fim    | Início              | Meio      | Fim       | Início                                     | Meio   | Fim    |
| V1                                     | Sup. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V2                                     | Sup. | 3,79   | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V3                                     | Sup. | 3,252  | As,min | 3,343  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V4                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V5                                     | Sup. | 3,965  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V6                                     | Sup. | 3,308  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,399  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
| V9                                     | Sup. | 3,031  | 1,949  | 1,949  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 1,949  | 1,949  | 2,062  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V10                                    | Sup. | 7,703  | 7,703  | 8,623  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V11                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V12                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V13                                    | Sup. | 3,488  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V14                                    | Sup. | 15,967                                       | 7,703  | 13,849 | 3Ø25+2Ø20           | 3Ø25      | 3Ø25      | 21,009                                     | 14,726 | 14,726 |
|  | Inf. | 9,381  | 7,703  | 10,025 | 3Ø25                | 3Ø25      | 3Ø25      | 14,726                                     | 14,726 | 14,726 |
| V15                                    | Sup. | 3,849  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393  | 3,393  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16                                    | Sup. | 5,364  | As,min | 3,172  | 3Ø16                | 3Ø16      | 3Ø16      | 6,032                                      | 6,032  | 6,032  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V16'                                   | Sup. | As,min                                       | 4,351  | 9,9    | 3Ø12                | 3Ø16      | 3Ø16+2Ø20 | 3,393                                      | 6,032  | 12,315 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 4,681  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
| V17                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,479  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 5,655  |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |
| V18                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703  | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294  | 8,294  |
| V19                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,423  | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393  | 3,393  |

|     |      |       |        |       |           |           |           |       |       |       |
|-----|------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
|     | Inf. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V20 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V21 | Sup. | 5,555 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V22 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V23 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V24 | Sup. | 3,172 | As,min | 4,89  | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V25 | Sup. | 7,703 | As,min | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
|     | Inf. | 7,703 | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
| V26 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V27 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V28 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V29 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V30 | Sup. | 5,545 | As,min | 4,502 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V31 | Sup. | 4,208 | 3,172  | 5,009 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V32 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V33 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V34 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V35 | Sup. | 4,515 | 3,172  | 3,172 | 5Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V36 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V37 | Sup. | 4,562 | 3,172  | 3,172 | 5Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V38 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V39 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V40 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,644 | 3Ø12      | 3Ø12      | 5Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,95  | 3,172  | 3,363 | 5Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
| V41 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |

|     |      |       |       |       |      |           |      |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-----------|------|-------|-------|-------|
| V42 | Sup. | 3,172 | 3,172 | 3,172 | 5Ø12 | 3Ø12      | 3Ø12 | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172 | 3,172 | 3Ø12 | 2Ø12+1Ø16 | 3Ø12 | 3,393 | 4,273 | 3,393 |
| V43 | Sup. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 5Ø12 | 5Ø12      | 5Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |
|     | Inf. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 5Ø12 | 5Ø12      | 5Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |

**Tabela 7.5 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 3**

| Armadura longitudinal das vigas Piso 4 |      |  |        |       |                     |           |           |  |       |       |
|--|------|--|--------|-------|---------------------|-----------|-----------|--|-------|-------|
| Viga                                   | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |       | Disposição adoptada |           |           | A <sub>s</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> ) |       |       |
|  |      | Início                                       | Meio   | Fim   | Início              | Meio      | Fim       | Início                                     | Meio  | Fim   |
| V1                                     | Sup. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
| V2                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V3                                     | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V4                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V5                                     | Sup. | 3,703  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V6                                     | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,452  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V9                                     | Sup. | 2,227  | 1,949  | 1,949 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 1,949  | 1,949  | 2,062 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V10                                    | Sup. | 7,703  | 7,703  | 8,623 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
| V11                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 3Ø16+2Ø12           | 3Ø16+2Ø12 | 3Ø16+2Ø12 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
| V12                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V13                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V14                                    | Sup. | 9,044  | 7,703  | 7,703 | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425 | 9,425 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 3Ø20                | 3Ø20      | 3Ø20      | 9,425                                      | 9,425 | 9,425 |
| V15                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V16                                    | Sup. | 3,511  | As,min | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V16'                                   | Sup. | As,min                                       | 3,308  | 7,453 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12+2Ø16 | 3,393                                      | 3,393 | 7,414 |
|  | Inf. | 3,172  | As,min | 3,578 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V17                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 2Ø16+1Ø12 | 3,393                                      | 3,393 | 5,152 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |
| V18                                    | Sup. | 7,703  | As,min | 7,703 | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
|  | Inf. | 7,703  | 7,703  | 7,703 | 2Ø20+1Ø16           | 2Ø20+1Ø16 | 2Ø20+1Ø16 | 8,294                                      | 8,294 | 8,294 |
| V19                                    | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 2         | 3,393                                      | 3,393 | 4,273 |
|  | Inf. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12                | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393                                      | 3,393 | 3,393 |

|     |      |       |        |       |           |           |           |       |       |       |
|-----|------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| V20 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 5Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V21 | Sup. | 3,966 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V22 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V23 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V24 | Sup. | 3,172 | As,min | 4,89  | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12+2Ø16 | 3,393 | 3,393 | 7,414 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V25 | Sup. | 7,703 | As,min | 7,703 | 3Ø12+2Ø16 | 3Ø12+2Ø16 | 3Ø12+2Ø16 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
|     | Inf. | 7,703 | 7,703  | 7,703 | 3Ø12+2Ø16 | 3Ø12+2Ø16 | 3Ø12+2Ø16 | 8,294 | 8,294 | 8,294 |
| V26 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V27 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V28 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V29 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V30 | Sup. | 3,216 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V31 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 4,389 | 3Ø12      | 3Ø12      | 5Ø12      | 3,393 | 3,393 | 5,655 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V32 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V33 | Sup. | 3,172 | As,min | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V34 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V35 | Sup. | 4,294 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V36 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V37 | Sup. | 4,592 | 3,172  | 3,172 | 5Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 5,655 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V38 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V39 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V40 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V41 | Sup. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
|     | Inf. | 3,172 | 3,172  | 3,172 | 3Ø12      | 3Ø12      | 3Ø12      | 3,393 | 3,393 | 3,393 |
| V43 | Sup. | 5,135 | 5,135  | 5,135 | 5Ø12      | 5Ø12      | 5Ø12      | 5,655 | 5,655 | 5,655 |

|  |      |       |       |       |      |      |      |       |       |       |
|--|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
|  | Inf. | 5,135 | 5,135 | 5,135 | 5Ø12 | 5Ø12 | 5Ø12 | 5,655 | 5,655 | 5,655 |
|--|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|

**Tabela 7.6 - Armadura longitudinal das vigas do Piso 4**

| <b>Armadura longitudinal das vigas Cobertura</b> |      |  |        |       |                    |      |      |   |       |       |
|--|------|--|--------|-------|--------------------|------|------|---|-------|-------|
| Viga   | Zona | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) |        |       | Disposição adotada |      |      | A <sub>s</sub> adotada (cm <sup>2</sup> ) |       |       |
|  |      | Início                                       | Meio   | Fim   | Início             | Meio | Fim  | Início                                    | Meio  | Fim   |
| V5   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V6   | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V9   | Sup. | 1,949  | As,min | 1,949 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 1,949  | 1,949  | 1,949 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V35  | Sup. | 3,418  | 3,172  | 3,172 | 5Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 5,655                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V36  | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V37  | Sup. | 3,283  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V38  | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V39  | Sup. | 3,172  | As,min | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V40  | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,77   | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
| V41  | Sup. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |
|  | Inf. | 3,172  | 3,172  | 3,172 | 3Ø12               | 3Ø12 | 3Ø12 | 3,393                                     | 3,393 | 3,393 |

**Tabela 7.7 - Armadura longitudinal das vigas da Cobertura**



| Armadura transversal das vigas de Fundação |  |      |      |                     |    |    |      |      |    |    |      |     |    |    |      |                                  |       |       |
|--|--|------|------|---------------------|----|----|------|------|----|----|------|-----|----|----|------|----------------------------------|-------|-------|
| Viga                                       | A <sub>s</sub> do SAP2000 (cm <sup>2</sup> /m) |      |      | Disposição adoptada |    |    |      |      |    |    |      |     |    |    |      | As adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |       |       |
|  | Início   | Meio | Fim  | Início              |    |    |      | Meio |    |    |      | Fim |    |    |      | Início                           | Meio  | Fim   |
| V1   | 6  | 5,8  | 5,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V2   | 2,6  | 2,6  | 11,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V3   | 3,5  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V4   | 4,1  | 3,9  | 4,1  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V5   | 8,5  | 2,6  | 5,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V6   | 3,5  | 2,6  | 3,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V7   | 6,5  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V8   | 12,3   | 12,6 | 12,8 | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V9   | 4,2  | 4,1  | 6,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V10  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V11  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V12  | 3,9  | 3,9  | 5,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V13  | 5,3  | 2,6  | 7,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V14  | 6,1  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V15  | 2,6  | 3,4  | 3,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V16  | 7,71   | 2,6  | 5,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V17  | 5,5  | 3,5  | 3,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V18  | 4,8  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V19  | 7,1  | 2,6  | 11,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V20  | 6,1  | 2,6  | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V21  | 2,6  | 2,6  | 4,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V22  | 7,1  | 4    | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V23  | 6,5  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V24  | 3,8  | 3,7  | 4,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V25  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V26  | 10,2   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |
| V27  | 4,7  | 3,9  | 4,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 6,702                            | 6,702 | 6,702 |

Tabela 7.8 - Armadura transversal das vigas de fundação

| Armadura transversal das vigas Piso 0 (r/chão) |                                      |      |      |                     |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       |                     |    |    |       |              |        |        |        |              |
|--|--------------------------------------|------|------|---------------------|----|----|-------|--------|----|----|-------|------|----|----|-------|-----|-----|----|-------|---------------------|----|----|-------|--------------|--------|--------|--------|--------------|
| Viga   | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm²/m) |      |      | Disposição adoptada |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       | As adoptada (cm²/m) |    |    |       |              |        |        |        |              |
|  | Início                               | Meio | Fim  | Zona crítica        |    |    |       | Início |    |    |       | Meio |    |    |       | Fim |     |    |       | Zona crítica        |    |    |       | Zona crítica | Início | Meio   | Fim    | Zona crítica |
| V6   | 6                                    | 5,8  | 5,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,15  | 2r  | Ø8  | // | 0,150 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404       |
| V10  | 2,6                                  | 2,6  | 11,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø10 | // | 0,125 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 12,566 | 13,404       |
| V11  | 3,5                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V12  | 4,1                                  | 3,9  | 4,1  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,200 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V14  | 8,5                                  | 2,6  | 5,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,100 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,150 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 10,053 | 4,021  | 6,702  | 13,404       |
| V15  | 3,5                                  | 2,6  | 3,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16  | 6,5                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16´   | 12,3                                 | 12,6 | 12,8 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,075 | 2r   | Ø8 | // | 0,075 | 2r  | Ø8  | // | 0,075 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 13,404 | 13,404 | 13,404 | 13,404       |
| V17  | 4,2                                  | 4,1  | 6,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,125 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 8,042  | 13,404       |
| V18  | 2,6                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V22  | 2,6                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V23  | 3,9                                  | 3,9  | 5,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,150 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 6,702  | 13,404       |
| V24  | 5,3                                  | 2,6  | 7,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,125 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 8,042  | 13,404       |
| V25  | 6,1                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V26  | 2,6                                  | 3,4  | 3,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V27  | 7,71                                 | 2,6  | 5,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,125 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,150 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 4,021  | 6,702  | 13,404       |
| V28  | 5,5                                  | 3,5  | 3,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V29  | 4,8                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V30  | 7,1                                  | 2,6  | 11,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,125 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,075 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 4,021  | 13,404 | 13,404       |
| V31  | 6,1                                  | 2,6  | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,150 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 6,702  | 13,404       |
| V32  | 2,6                                  | 2,6  | 4,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,200 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V33  | 7,1                                  | 4    | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,125 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,200 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V34  | 6,5                                  | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,250 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |

|     |      |     |     |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |      |    |    |    |       |    |    |    |       |        |        |        |        |        |
|-----|------|-----|-----|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| V35 | 3,8  | 3,7 | 4,4 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V36 | 2,6  | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V37 | 10,2 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V38 | 4,7  | 3,9 | 4,4 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V39 | 2,6  | 3,5 | 4,1 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V40 | 4,1  | 4,3 | 4,8 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404 |
| V41 | 8    | 8,4 | 8,5 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8 | // | 0,100 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 10,053 | 10,053 | 13,404 |
| V42 | 4,9  | 9,1 | 4,5 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 10,053 | 5,027  | 13,404 |

**Tabela 7.9 - Armadura transversal das vigas do Piso 0**

| Armadura transversal das vigas Piso 1 |                                      |      |     |                     |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       |              |                     |    |       |              |        |       |       |              |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|-----|---------------------|----|----|-------|--------|----|----|-------|------|----|----|-------|-----|-----|----|-------|--------------|---------------------|----|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|
| Viga                                  | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm²/m) |      |     | Disposição adoptada |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       |              | As adoptada (cm²/m) |    |       |              |        |       |       |              |
|                                       | Início                               | Meio | Fim | Zona crítica        |    |    |       | Início |    |    |       | Meio |    |    |       | Fim |     |    |       | Zona crítica |                     |    |       | Zona crítica | Início | Meio  | Fim   | Zona crítica |
| V1                                    | 3,3                                  | 2,6  | 3,7 | 2r                  | Ø8 | // | 0,15  | 2r     | Ø8 | // | 0,25  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,15  | 6,702        | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 6,702        |
| V2                                    | 5,5                                  | 2,6  | 3,8 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,15  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V3                                    | 4,5                                  | 2,6  | 4,3 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,20  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021 | 5,027 | 13,404       |
| V4                                    | 4,3                                  | 2,6  | 2,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,20  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V5                                    | 3,6                                  | 2,6  | 3,5 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,25  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V6                                    | 9,2                                  | 7,1  | 7,4 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,10  | 2r   | Ø8 | // | 0,125 | 2r  | Ø8  | // | 0,125 | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 10,053 | 8,042 | 8,042 | 13,404       |
| V7                                    | 3,7                                  | 2,6  | 2,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,25  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V8                                    | 5                                    | 2,6  | 3,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,20  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V9                                    | 2,9                                  | 2,3  | 2,5 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,25  | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V10                                   | 7,2                                  | 6,1  | 7,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,125 | 2r   | Ø8 | // | 0,15  | 2r  | Ø10 | // | 0,2   | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 6,702 | 7,854 | 13,404       |
| V11                                   | 5,5                                  | 4,7  | 5,9 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,15  | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 5,027 | 6,702 | 13,404       |
| V12                                   | 4,8                                  | 4,6  | 4,1 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,20  | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r           | Ø8                  | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027 | 5,027 | 13,404       |

|      |      |      |      |    |     |    |       |    |     |    |       |    |     |    |       |    |     |    |       |    |     |    |       |        |        |        |        |        |
|------|------|------|------|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| V13  | 2,6  | 2,6  | 3,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V14  | 13,3 | 9,4  | 12,9 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 6,702  | 13,404 | 10,053 | 13,404 | 6,702  |
| V15  | 5,1  | 2,6  | 3,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V16  | 7,7  | 2,6  | 2,6  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,13  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V16' | 15,1 | 15,3 | 15,4 | 2r | Ø10 | // | 0,075 | 2r | Ø10 | // | 0,08  | 2r | Ø10 | // | 0,075 | 2r | Ø10 | // | 0,075 | 2r | Ø10 | // | 0,075 | 20,944 | 20,944 | 20,944 | 20,944 | 20,944 |
| V17  | 4,8  | 4,6  | 8,9  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 10,053 | 13,404 |
| V18  | 4,8  | 4    | 4,4  | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 8,042  | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 8,042  |
| V19  | 5    | 4,5  | 6,2  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 6,702  | 13,404 |
| V20  | 4    | 2,6  | 3,7  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V21  | 4,7  | 3,7  | 6    | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 6,702  | 13,404 |
| V22  | 3,7  | 2,6  | 4,4  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V23  | 6,7  | 3,9  | 4,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V24  | 6,6  | 2,6  | 9,6  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 10,053 | 13,404 |
| V25  | 6,7  | 5,2  | 6    | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404 |
| V26  | 4,6  | 3,6  | 3,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V27  | 8,4  | 2,6  | 4,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø10 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 6,283  | 13,404 |
| V28  | 5,2  | 3,9  | 4,1  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V29  | 7,6  | 2,6  | 8,2  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 10,053 | 13,404 |
| V30  | 9,8  | 2,6  | 10,5 | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 13,404 | 13,404 |
| V31  | 6,1  | 2,6  | 4,8  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V32  | 2,6  | 2,6  | 4    | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V33  | 6,7  | 4    | 4,2  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V34  | 8,2  | 2,6  | 2,6  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V35  | 4,6  | 4,4  | 5    | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404 |
| V36  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V37  | 3,9  | 2,6  | 3,4  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V38  | 5    | 4    | 4,5  | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |

|     |     |     |     |    |    |    |       |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |       |        |       |        |        |        |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| V39 | 4,7 | 4   | 3,7 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V40 | 5   | 4,7 | 5,1 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 5,027  | 6,702  | 13,404 |
| V41 | 7,7 | 8,1 | 8,5 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042 | 10,053 | 10,053 | 13,404 |
| V42 | 5,4 | 8,3 | 3,8 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 10,053 | 4,021  | 13,404 |
| V43 | 2,3 | 1,8 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 8,042  | 4,021 | 4,021  | 4,021  | 8,042  |

**Tabela 7.10 - Armadura transversal das vigas do Piso 1**

| Armadura transversal das vigas Piso 2 |   |      |      |                     |    |    |       |        |     |    |       |      |     |    |       |     |    |    |       |              |    |                                  |       |              |        |        |        |              |
|---------------------------------------|---|------|------|---------------------|----|----|-------|--------|-----|----|-------|------|-----|----|-------|-----|----|----|-------|--------------|----|----------------------------------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------------|
| Viga                                  | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |      |      | Disposição adoptada |    |    |       |        |     |    |       |      |     |    |       |     |    |    |       |              |    | As adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |       |              |        |        |        |              |
|                                       | Início  | Meio | Fim  | Zona crítica        |    |    |       | Início |     |    |       | Meio |     |    |       | Fim |    |    |       | Zona crítica |    |                                  |       | Zona crítica | Início | Meio   | Fim    | Zona crítica |
| V1                                    | 3,4   | 2,6  | 3,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,15  | 2r     | Ø8  | // | 0,25  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,15  | 6,702        | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 6,702        |
| V2                                    | 6,1   | 2,6  | 3,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,15  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V3                                    | 4,5   | 2,6  | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V4                                    | 4,1   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V5                                    | 4,1   | 2,6  | 3,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V6                                    | 7,1   | 7    | 7,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,125 | 2r   | Ø8  | // | 0,125 | 2r  | Ø8 | // | 0,125 | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 8,042  | 8,042  | 13,404       |
| V9                                    | 3,6   | 3    | 2,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,25  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V10                                   | 6,8   | 6    | 7,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,13  | 2r   | Ø8  | // | 0,15  | 2r  | Ø8 | // | 0,125 | 2r           | Ø8 | //                               | 0,125 | 8,042        | 8,042  | 6,702  | 8,042  | 8,042        |
| V11                                   | 5,6   | 4,8  | 5,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,15  | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8 | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,125 | 8,042        | 6,702  | 5,027  | 6,702  | 8,042        |
| V12                                   | 5   | 4,8  | 4,1  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8 | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404       |
| V13                                   | 2,6   | 2,6  | 3,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,25  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V14                                   | 13,6  | 9,6  | 12,9 | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,08  | 2r   | Ø8  | // | 0,1   | 2r  | Ø8 | // | 0,075 | 2r           | Ø8 | //                               | 0,125 | 8,042        | 13,404 | 10,053 | 13,404 | 8,042        |
| V15                                   | 4,8   | 2,6  | 3,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16                                   | 7,8   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,13  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16´                                  | 15,6  | 15,7 | 5,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø10 | // | 0,10  | 2r   | Ø10 | // | 0,1   | 2r  | Ø8 | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 15,708 | 15,708 | 6,702  | 13,404       |
| V17                                   | 5   | 4,8  | 9,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8 | // | 0,1   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 10,053 | 13,404       |
| V18                                   | 4,9   | 4    | 4,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,20  | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8 | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |

|     |     |     |      |    |    |    |       |    |     |    |      |    |    |    |      |    |     |    |       |    |    |    |       |        |        |        |        |        |
|-----|-----|-----|------|----|----|----|-------|----|-----|----|------|----|----|----|------|----|-----|----|-------|----|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| V19 | 5,1 | 4,5 | 5,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 5,027  | 6,702  | 13,404 |
| V20 | 3,9 | 2,6 | 3,9  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V21 | 4,9 | 3,9 | 5,9  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 6,702  | 13,404 |
| V22 | 4   | 2,6 | 4,3  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V23 | 6,5 | 3,8 | 4,8  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V24 | 6,7 | 2,6 | 9,4  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 10,053 | 13,404 |
| V25 | 6,6 | 5,2 | 6    | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø10 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 7,854  | 6,702  | 6,702  | 13,404 |
| V26 | 4,8 | 3,5 | 3,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V27 | 8,2 | 2,6 | 4,8  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø10 | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 6,283  | 13,404 |
| V28 | 5,3 | 3,9 | 4,1  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V29 | 7,6 | 2,6 | 8,2  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 10,053 | 13,404 |
| V30 | 9,7 | 2,6 | 10,2 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 13,404 | 13,404 |
| V31 | 6,2 | 2,6 | 5,1  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 6,702  | 13,404 |
| V32 | 2,6 | 2,6 | 3,8  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V33 | 6,8 | 4   | 4,2  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V34 | 8,3 | 2,6 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,10 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V35 | 5,1 | 5   | 4,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404 |
| V36 | 2,6 | 2,6 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V37 | 4,7 | 2,6 | 3,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V38 | 4,5 | 4   | 4,4  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V39 | 4,6 | 3,8 | 3,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V40 | 5,1 | 5,1 | 5,5  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,15 | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404 |
| V41 | 7,9 | 8,3 | 8,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 10,053 | 10,053 | 13,404 |
| V42 | 5   | 4,8 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 4,021  | 13,404 |
| V43 | 2,3 | 1,8 | 2,1  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |

Tabela 7.11 - Armadura transversal das vigas do Piso 2

| Armadura transversal das vigas Piso 3 |   |      |      |                     |    |    |       |        |     |    |       |      |     |    |       |     |     |    |       |                                  |    |    |       |              |        |        |        |              |
|---------------------------------------|---|------|------|---------------------|----|----|-------|--------|-----|----|-------|------|-----|----|-------|-----|-----|----|-------|----------------------------------|----|----|-------|--------------|--------|--------|--------|--------------|
| Viga                                  | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |      |      | Disposição adoptada |    |    |       |        |     |    |       |      |     |    |       |     |     |    |       | As adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |    |    |       |              |        |        |        |              |
|                                       | Início  | Meio | Fim  | Zona crítica        |    |    |       | Início |     |    |       | Meio |     |    |       | Fim |     |    |       | Zona crítica                     |    |    |       | Zona crítica | Início | Meio   | Fim    | Zona crítica |
| V1                                    | 3,1   | 2,6  | 3,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,250 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,125 | 8,042        | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 8,042        |
| V2                                    | 6,1   | 2,6  | 3,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V3                                    | 4,5   | 2,6  | 4,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V4                                    | 4,1   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V5                                    | 4,1   | 2,6  | 3,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V6                                    | 6,3   | 6,2  | 6,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,15  | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404       |
| V9                                    | 3,1   | 2,5  | 1,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,250 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V10                                   | 6,4   | 5,7  | 6,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,15  | 2r  | Ø10 | // | 0,2   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702  | 7,854  | 13,404       |
| V11                                   | 5,6   | 4,8  | 5,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 5,027  | 6,702  | 13,404       |
| V12                                   | 5   | 4,8  | 4    | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 4,021  | 13,404       |
| V13                                   | 2,6   | 2,6  | 3,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,250 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V14                                   | 11,2  | 7,8  | 10,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,075 | 2r   | Ø8  | // | 0,125 | 2r  | Ø8  | // | 0,075 | 2r                               | Ø8 | // | 0,125 | 8,042        | 13,404 | 8,042  | 13,404 | 8,042        |
| V15                                   | 4,5   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16                                   | 7,2   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,125 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16'                                  | 15,2  | 15,5 | 15,7 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø10 | // | 0,100 | 2r   | Ø10 | // | 0,1   | 2r  | Ø10 | // | 0,1   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 15,708 | 15,708 | 15,708 | 13,404       |
| V17                                   | 4,7   | 4,5  | 8    | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,125 | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 8,042  | 13,404       |
| V18                                   | 4,9   | 4    | 4,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,125 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r                               | Ø8 | // | 0,125 | 8,042        | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 8,042        |
| V19                                   | 5   | 4,4  | 5,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 6,702  | 13,404       |
| V20                                   | 3,9   | 2,6  | 3,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,250 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V21                                   | 4,5   | 3,6  | 4,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V22                                   | 4,1   | 2,6  | 3,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,200 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V23                                   | 6,4   | 3,8  | 4,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V24                                   | 6,2   | 2,6  | 9,4  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8  | // | 0,150 | 2r   | Ø8  | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,1   | 2r                               | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 10,053 | 13,404       |

|     |     |     |      |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |      |    |     |    |       |    |    |    |       |        |        |        |        |        |
|-----|-----|-----|------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|------|----|-----|----|-------|----|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| V25 | 6,6 | 5,2 | 6    | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 8,042  | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 8,042  |
| V26 | 4,6 | 3,4 | 3,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V27 | 8,1 | 2,6 | 4,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,100 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø10 | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 6,283  | 13,404 |
| V28 | 5,3 | 3,9 | 4,1  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V29 | 7,1 | 2,6 | 7,3  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 8,042  | 13,404 |
| V30 | 9,2 | 2,6 | 10,1 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,100 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 10,053 | 4,021  | 13,404 | 13,404 |
| V31 | 6   | 2,6 | 5,2  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 6,702  | 13,404 |
| V32 | 2,6 | 2,6 | 3,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V33 | 6,5 | 4   | 4,2  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404 |
| V34 | 7,6 | 2,6 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V35 | 5,1 | 5   | 4,2  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 5,027  | 5,027  | 13,404 |
| V36 | 2,6 | 2,6 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V37 | 4,7 | 2,6 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V38 | 4,4 | 4,1 | 4,5  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,2  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404 |
| V39 | 3,7 | 2,6 | 3,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V40 | 5,1 | 5,2 | 5,7  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,15 | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404 |
| V41 | 7,8 | 8,2 | 8,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,1  | 2r | Ø8  | // | 0,1   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042  | 10,053 | 10,053 | 13,404 |
| V42 | 3,6 | 3,4 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |
| V43 | 3,6 | 3,4 | 2,6  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404 |

**Tabela 7.12 - Armadura transversal das vigas do Piso 3**



| Armadura transversal das vigas Piso 4 |   |      |      |                     |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       |              |    |                                  |       |              |        |        |        |              |
|---------------------------------------|---|------|------|---------------------|----|----|-------|--------|----|----|-------|------|----|----|-------|-----|-----|----|-------|--------------|----|----------------------------------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------------|
| Viga                                  | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |      |      | Disposição adoptada |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |       |     |     |    |       |              |    | As adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |       |              |        |        |        |              |
|                                       | Início  | Meio | Fim  | Zona crítica        |    |    |       | Início |    |    |       | Meio |    |    |       | Fim |     |    |       | Zona crítica |    |                                  |       | Zona crítica | Início | Meio   | Fim    | Zona crítica |
| V1                                    | 2,6   | 2,6  | 3,3  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V2                                    | 4,4   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V3                                    | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V4                                    | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V5                                    | 3,8   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V6                                    | 6,1   | 6,4  | 6,7  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,15  | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702  | 6,702  | 13,404       |
| V9                                    | 2,8   | 1,8  | 1,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V10                                   | 5,8   | 5,5  | 6,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,15  | 2r  | Ø10 | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702  | 7,854  | 13,404       |
| V11                                   | 5,2   | 4,6  | 5,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 5,027  | 6,702  | 13,404       |
| V12                                   | 4,3   | 4,1  | 3,8  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 4,021  | 13,404       |
| V13                                   | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V14                                   | 7,2   | 5,5  | 6,5  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,125 | 2r   | Ø8 | // | 0,15  | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 8,042  | 6,702  | 6,702  | 13,404       |
| V15                                   | 3,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16                                   | 5   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V16´                                  | 11,3  | 11,3 | 11,4 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,075 | 2r   | Ø8 | // | 0,075 | 2r  | Ø8  | // | 0,075 | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 13,404 | 13,404 | 13,404 | 13,404       |
| V17                                   | 4,3   | 4,1  | 6,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,125 | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 8,042  | 13,404       |
| V18                                   | 4,4   | 3,9  | 4,2  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V19                                   | 4,3   | 4,1  | 4,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,2   | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 5,027  | 5,027  | 13,404       |
| V20                                   | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V21                                   | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V22                                   | 2,6   | 2,6  | 2,6  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,25  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 4,021  | 13,404       |
| V23                                   | 5,6   | 3,6  | 4,1  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,2   | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 4,021  | 5,027  | 13,404       |
| V24                                   | 4   | 2,6  | 5,9  | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25  | 2r  | Ø8  | // | 0,15  | 2r           | Ø8 | //                               | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021  | 6,702  | 13,404       |

|     |     |     |     |    |    |    |       |    |     |    |       |    |    |    |       |    |     |    |       |    |    |    |       |        |       |       |       |        |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|----|-----|----|-------|----|----|----|-------|----|-----|----|-------|----|----|----|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| V25 | 6   | 4,9 | 5,3 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø10 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,283 | 5,027 | 6,702 | 13,404 |
| V26 | 3,7 | 2,6 | 3,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V27 | 5,9 | 2,6 | 4,2 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø10 | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 6,283 | 13,404 |
| V28 | 5   | 3,7 | 3,9 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V29 | 5,8 | 2,6 | 3,9 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V30 | 5,2 | 2,6 | 6,3 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 6,702 | 13,404 |
| V31 | 4,1 | 2,6 | 4,3 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 4,021 | 5,027 | 13,404 |
| V32 | 2,6 | 2,6 | 3,5 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V33 | 5,8 | 3,8 | 4,1 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 5,027 | 13,404 |
| V34 | 5,7 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V35 | 5,3 | 4,9 | 4,3 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,2   | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 5,027 | 5,027 | 13,404 |
| V36 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V37 | 5,1 | 2,6 | 4   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,150 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 6,702 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V38 | 4,4 | 4   | 4,3 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,2   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 4,021 | 5,027 | 13,404 |
| V39 | 3,5 | 2,6 | 4   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V40 | 4,8 | 5,1 | 5,4 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,15  | 2r | Ø8  | // | 0,15  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 6,702 | 6,702 | 13,404 |
| V41 | 7,3 | 7,7 | 8   | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8  | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042 | 8,042 | 8,042 | 13,404 |
| V43 | 2,3 | 1,8 | 1,8 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8  | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25  | 2r | Ø8  | // | 0,25  | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |

**Tabela 7.13 - Armadura transversal das vigas do Piso 4**

| Armadura transversal das vigas Cobertura |                                      |      |     |                     |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |      |     |    |    |      |                     |    |    |       |              |        |       |       |              |
|--|--------------------------------------|------|-----|---------------------|----|----|-------|--------|----|----|-------|------|----|----|------|-----|----|----|------|---------------------|----|----|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|
| Viga                                     | A <sub>s</sub> do SAP2000<br>(cm²/m) |      |     | Disposição adoptada |    |    |       |        |    |    |       |      |    |    |      |     |    |    |      | As adoptada (cm²/m) |    |    |       |              |        |       |       |              |
|  | Início                               | Meio | Fim | Zona crítica        |    |    |       | Início |    |    |       | Meio |    |    |      | Fim |    |    |      | Zona crítica        |    |    |       | Zona crítica | Início | Meio  | Fim   | Zona crítica |
| V5                                       | 2,6                                  | 2,6  | 2,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25 | 2r  | Ø8 | // | 0,25 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V6                                       | 5,6                                  | 5,6  | 5,7 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,150 | 2r   | Ø8 | // | 0,15 | 2r  | Ø8 | // | 0,15 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 6,702  | 6,702 | 6,702 | 13,404       |
| V9                                       | 1,8                                  | 1,8  | 1,8 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,250 | 2r   | Ø8 | // | 0,25 | 2r  | Ø8 | // | 0,25 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 4,021  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |
| V35                                      | 4,1                                  | 3,9  | 2,6 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 2r     | Ø8 | // | 0,200 | 2r   | Ø8 | // | 0,25 | 2r  | Ø8 | // | 0,25 | 2r                  | Ø8 | // | 0,075 | 13,404       | 5,027  | 4,021 | 4,021 | 13,404       |

|     |     |     |     |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |       |        |       |       |       |        |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| V36 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V37 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V38 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 5,027 | 5,027 | 13,404 |
| V39 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,250 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,25 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 4,021 | 4,021 | 4,021 | 13,404 |
| V40 | 4,2 | 4,5 | 4,6 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,200 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,20 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 5,027 | 5,027 | 5,027 | 13,404 |
| V41 | 7,2 | 7,7 | 7,8 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 2r | Ø8 | // | 0,125 | 2r | Ø8 | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,13 | 2r | Ø8 | // | 0,075 | 13,404 | 8,042 | 8,042 | 8,042 | 13,404 |

**Tabela 7.14 - Armadura transversal das vigas da Cobertura**

| Taxa de armadura das vigas Piso 0 |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |       |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| Viga                              | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |       |
|                                   |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     |
| V6                                | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V10                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V11                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V12                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V14                               | 0,12                             | 5,152                             | 0,004 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V15                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V16                               | 0,12                             | 5,152                             | 0,004 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V16'                              | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 8,294                             | 0,007 |
| V17                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V18                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V22                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V23                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V24                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 5,655                             | 0,005 |
| V25                               | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V26                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V27                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V28                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V29                               | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V30                               | 0,12                             | 4,273                             | 0,004 | 3,393                             | 0,003 | 6,032                             | 0,005 |
| V31                               | 0,12                             | 4,273                             | 0,004 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |

|     |      |       |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V32 | 0,12 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V33 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V34 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V35 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V36 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V37 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V38 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V39 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V40 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V41 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V42 | 0,12 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |

**Tabela 7.15 - Taxa de armadura das vigas do Piso 0**

| <b>Taxa de armadura das vigas Piso 1</b> |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |       |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| Viga                                     | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |       |
|  |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     |
| V1                                       | 0,285                            | 9,425                             | 0,003 | 9,425                             | 0,003 | 9,425                             | 0,003 |
| V2                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V3                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V4                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V5                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V6                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V7                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V8                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V9                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |

|      |       |        |       |        |       |        |       |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| V10  | 0,285 | 10,053 | 0,004 | 8,294  | 0,003 | 10,053 | 0,004 |
| V11  | 0,285 | 10,053 | 0,004 | 8,294  | 0,003 | 10,053 | 0,004 |
| V12  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V13  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V14  | 0,285 | 21,009 | 0,007 | 14,726 | 0,005 | 21,009 | 0,007 |
| V15  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V16  | 0,12  | 6,032  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 6,032  | 0,005 |
| V16' | 0,12  | 6,032  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 12,315 | 0,010 |
| V17  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V18  | 0,285 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 |
| V19  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V20  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 7,414  | 0,006 |
| V21  | 0,12  | 7,414  | 0,006 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V22  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V23  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V24  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V25  | 0,285 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003 |
| V26  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V27  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V28  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V29  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V30  | 0,12  | 7,414  | 0,006 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V31  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |

|     |      |       |       |        |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| V32 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V33 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V34 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V35 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V36 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V37 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V38 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V39 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V40 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 5,655 | 0,005 |
| V41 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V42 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | -3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V43 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | -3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |

**Tabela 7.16 - Taxa de armadura das vigas do Piso 1**

| <b>Taxa de armadura das vigas Piso 2</b> |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |        |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Viga                                     | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |        |
|  |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ      |
| V1                                       | 0,285                            | 9,425                             | 0,003 | 9,425                             | 0,003 | 9,425                             | 0,003  |
| V2                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V3                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V4                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V5                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V6                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | -3,393                            | -0,003 |
| V9                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V10                                      | 0,285                            | 10,053                            | 0,004 | 8,294                             | 0,003 | 10,053                            | 0,004  |

|      |       |        |       |        |       |        |        |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
|      |       |        |       |        |       |        |        |
| V11  | 0,285 | 10,053 | 0,004 | 8,294  | 0,003 | 10,053 | 0,004  |
| V12  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V13  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V14  | 0,285 | 21,009 | 0,007 | 14,726 | 0,005 | 21,009 | 0,007  |
| V15  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 4,273  | 0,004  |
| V16  | 0,12  | 6,032  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 6,032  | 0,005  |
| V16' | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 12,315 | 0,010  |
| V17  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005  |
| V18  | 0,285 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003  |
| V19  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | -3,393 | -0,003 |
| V20  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V21  | 0,12  | 7,414  | 0,006 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005  |
| V22  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V23  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V24  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 7,414  | 0,006  |
| V25  | 0,285 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003  |
| V26  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V27  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V28  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V29  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003  |
| V30  | 0,12  | 7,414  | 0,006 | 3,393  | 0,003 | 5,152  | 0,004  |
| V31  | 0,12  | 5,152  | 0,004 | 3,393  | 0,003 | 5,152  | 0,004  |



|     |      |       |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V32 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V33 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V34 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V35 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V36 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V37 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V38 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V39 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V40 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 5,655 | 0,005 |
| V41 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V42 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 |
| V43 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 |

**Tabela 7.17 - Taxa de armadura das vigas do Piso 2**

| <b>Taxa de armadura das vigas Piso 3</b> |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |        |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Viga                                     | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |        |
|  |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ      |
| V1                                       | 0,285                            | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003  |
| V2                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V3                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V4                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V5                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V6                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V9                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003  |
| V10                                      | 0,285                            | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 | -8,294                            | -0,003 |

|      |       |        |       |        |       |        |       |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| V11  | 0,285 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 |
| V12  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V13  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V14  | 0,285 | 21,009 | 0,007 | 14,726 | 0,005 | 14,726 | 0,005 |
| V15  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V16  | 0,12  | 6,032  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 6,032  | 0,005 |
| V16' | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 12,315 | 0,010 |
| V17  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V18  | 0,285 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 | 8,294  | 0,003 |
| V19  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V20  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V21  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V22  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V23  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V24  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V25  | 0,285 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003 | 7,414  | 0,003 |
| V26  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V27  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V28  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V29  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |
| V30  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V31  | 0,12  | 5,655  | 0,005 | 3,393  | 0,003 | 5,655  | 0,005 |
| V32  | 0,12  | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 | 3,393  | 0,003 |

|     |      |       |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |      |       |       |       |       |       |       |
| V33 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V34 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V35 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V36 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V37 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V38 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V39 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V40 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 5,655 | 0,005 |
| V41 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V42 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 |
| V43 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 4,273 | 0,004 | 3,393 | 0,003 |

**Tabela 7.18 - Taxa de armadura das vigas do Piso 3**

| <b>Taxa de armadura das vigas Piso 4</b> |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |       |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| Viga                                     | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |       |
|  |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     |
| V1                                       | 0,285                            | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 |
| V2                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V3                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V4                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V5                                       | 0,12                             | 5,655                             | 0,005 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V6                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V9                                       | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V10                                      | 0,285                            | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 |
| V11                                      | 0,285                            | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 | 8,294                             | 0,003 |

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       |       |       |       |       |       |       |
| V12  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V13  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V14  | 0,285 | 9,425 | 0,003 | 9,425 | 0,003 | 9,425 | 0,003 |
| V15  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V16  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V16' | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 7,414 | 0,006 |
| V17  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 5,152 | 0,004 |
| V18  | 0,285 | 8,294 | 0,003 | 8,294 | 0,003 | 8,294 | 0,003 |
| V19  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 4,273 | 0,004 |
| V20  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 5,655 | 0,005 |
| V21  | 0,12  | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V22  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V23  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V24  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 7,414 | 0,006 |
| V25  | 0,285 | 7,414 | 0,003 | 7,414 | 0,003 | 7,414 | 0,003 |
| V26  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V27  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V28  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V29  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V30  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V31  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 5,655 | 0,005 |
| V32  | 0,12  | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |

|     |      |       |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V33 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V34 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V35 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V36 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V37 | 0,12 | 5,655 | 0,005 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V38 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V39 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V40 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V41 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |
| V43 | 0,12 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 | 3,393 | 0,003 |

**Tabela 7.19 - Taxa de armadura das vigas do Piso 4**

| <b>Taxa de armadura das vigas Cobertura</b> |                                  |                                   |       |                                   |       |                                   |       |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| Viga  | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | Início                            |       | Meio                              |       | Fim                               |       |
|   |                                  | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | ρ     |
| V5  | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V6  | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V9  | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V35   | 0,12                             | 4,524                             | 0,004 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V36   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V37   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V38   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V39   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V40   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |
| V41   | 0,12                             | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 | 3,393                             | 0,003 |

**Tabela 7.20 - Taxa de armadura das vigas da Cobertura**

## Anexo 8. Comprimentos das zonas críticas e espaçamento da armadura transversal dos pilares

| Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal Piso 0 |     |          |              |              |          |       |            |
|--|-----|----------|--------------|--------------|----------|-------|------------|
| Pilar  | L   | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica | $l_{cr}$ | s     | s adoptado |
| P2   | 3,1 | 2,7      | 2,35         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P3   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,100      |
| P4   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P5   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,075      |
| P6   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P7   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,075      |
| P8   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,100      |
| P9   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P11  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P12  | 3,1 | 2,7      | 2,84         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P13  | 3,1 | 2,7      | 2,45         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P14  | 3,1 | 2,7      | 2,25         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P15  | 3,1 | 2,7      | 6,75         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,128 | 0,125      |
| P16  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P17  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P18  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P19  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,075      |
| P20  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P21  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P22  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,128 | 0,100      |
| P23  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P24  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P25  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P26  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P27  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P28  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,100      |
| P29  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P30  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,100      |
| P31  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,136 | 0,100      |
| P32  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,111 | 0,100      |

Tabela 8.1 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 0

| Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal Piso 1 |     |          |              |              |          |       |            |
|--|-----|----------|--------------|--------------|----------|-------|------------|
| Pilar  | L   | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica | $l_{cr}$ | s     | s adoptado |
| P2   | 3,1 | 2,7      | 2,35         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P3   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P4   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P5   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P7   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,075      |

|     |     |     |      |             |      |       |       |
|-----|-----|-----|------|-------------|------|-------|-------|
| P8  | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P9  | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P11 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P12 | 3,1 | 2,7 | 2,84 | lcr=Total   | 3,1  | 0,111 | 0,100 |
| P13 | 3,1 | 2,7 | 2,45 | lcr=Total   | 3,1  | 0,111 | 0,075 |
| P14 | 3,1 | 2,7 | 2,25 | lcr=Total   | 3,1  | 0,111 | 0,075 |
| P15 | 3,1 | 2,7 | 6,75 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,128 | 0,075 |
| P16 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P17 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P18 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P19 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P20 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P21 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P22 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P23 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P24 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P25 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P26 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P27 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P28 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P29 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P30 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,111 | 0,100 |
| P31 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,128 | 0,125 |
| P32 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,111 | 0,100 |

Tabela 8.2 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 1

| Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal Piso 2 |     |          |              |              |          |       |            |
|--|-----|----------|--------------|--------------|----------|-------|------------|
| Pilar  | L   | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica | $l_{cr}$ | s     | s adoptado |
| P2   | 3,1 | 2,7      | 2,35         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P3   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P4   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P5   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P7   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P8   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P9   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P11  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P12  | 3,1 | 2,7      | 2,84         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P13  | 3,1 | 2,7      | 2,45         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,075      |
| P14  | 3,1 | 2,7      | 2,25         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,075      |
| P15  | 3,1 | 2,7      | 6,75         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,128 | 0,075      |
| P16  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P17  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P18  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P19  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P20  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |

|     |     |     |      |             |      |       |       |
|-----|-----|-----|------|-------------|------|-------|-------|
| P21 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P22 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P23 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P24 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P25 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P26 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P27 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P28 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P29 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Total   | 3,1  | 0,096 | 0,075 |
| P30 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |
| P31 | 3,1 | 2,7 | 7,71 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,128 | 0,125 |
| P32 | 3,1 | 2,7 | 9,00 | lcr=Parcial | 0,45 | 0,096 | 0,075 |

Tabela 8.3 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 2

| Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal Piso 3 |     |          |              |              |          |       |            |
|--|-----|----------|--------------|--------------|----------|-------|------------|
| Pilar  | L   | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica | $l_{cr}$ | s     | s adoptado |
| P2   | 3,1 | 2,7      | 2,35         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P3   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P4   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P5   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P7   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P8   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P9   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P11  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P12  | 3,1 | 2,7      | 2,84         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P13  | 3,1 | 2,7      | 2,45         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P14  | 3,1 | 2,7      | 2,25         | lcr=Total    | 3,1      | 0,111 | 0,100      |
| P15  | 3,1 | 2,7      | 6,75         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,128 | 0,125      |
| P16  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P17  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P18  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P19  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P20  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P21  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P22  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P23  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P24  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P25  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P26  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P27  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P28  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P29  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P30  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P31  | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,128 | 0,125      |
| P32  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |

Tabela 8.4 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 3



| <b>Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal Piso 4</b> |     |          |              |              |          |       |            |
|---|-----|----------|--------------|--------------|----------|-------|------------|
| Pilar   | L   | $l_{cl}$ | $l_{cl}/h_c$ | Zona crítica | $l_{cr}$ | s     | s adoptado |
| P5  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P7  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Total    | 3,1      | 0,096 | 0,075      |
| P8  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P9  | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |
| P10   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,061 | 0,050      |
| P31   | 3,1 | 2,7      | 7,71         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,125      |
| P32   | 3,1 | 2,7      | 9,00         | lcr=Parcial  | 0,45     | 0,096 | 0,075      |

**Tabela 8.5 - Comprimento da zona crítica e espaçamento da armadura transversal dos pilares do Piso 4**

| <b>Espaçamento da arm. transv. fora das zonas críticas Piso 0</b> |               |                   |            |
|---|---------------|-------------------|------------|
| Pilar   | $S_{cl,tmax}$ | $0,6.S_{cl,tmax}$ | s adoptado |
| P2  | 0,300         | 0,180             | 0,150      |
| P3  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P4  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P5  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P6  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P7  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P8  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P9  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P11   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P12   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P13   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P14   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P15   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P16   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P17   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P18   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P19   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P20   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P21   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P22   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P23   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P24   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P25   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P26   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P27   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P28   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P29   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P30   | 0,300         | 0,180             | 0,150      |
| P31   | 0,300         | 0,180             | 0,150      |
| P32   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |

**Tabela 8.6 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 0**

| <b>Espaçamento da arm. transv. fora das zonas críticas Piso 1</b> |               |                   |            |
|---|---------------|-------------------|------------|
| Pilar   | $S_{cl,tmax}$ | $0,6.S_{cl,tmax}$ | s adoptado |
| P2  | 0,300         | 0,180             | 0,150      |
| P3  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P4  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P5  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P7  | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P8  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P9  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P11   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P12   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P13   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P14   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P15   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P16   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P17   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P18   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P19   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P20   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P21   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P22   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P23   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P24   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P25   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P26   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P27   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P28   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P29   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P30   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P31   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P32   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |

**Tabela 8.7 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 1**

| <b>Espaçamento da arm. transv. fora das zonas críticas Piso 2</b> |               |                   |            |
|---|---------------|-------------------|------------|
| Pilar   | $S_{cl,tmax}$ | $0,6.S_{cl,tmax}$ | s adoptado |
| P2  | 0,300         | 0,180             | 0,150      |
| P3  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P4  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P5  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P7  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P8  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P9  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P11   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P12   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |
| P13   | 0,240         | 0,144             | 0,125      |

|     |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|
| P14 | 0,240 | 0,144 | 0,125 |
| P15 | 0,240 | 0,144 | 0,125 |
| P16 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P17 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P18 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P19 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P20 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P21 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P22 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P23 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P24 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P25 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P26 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P27 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P28 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P29 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P30 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P31 | 0,240 | 0,144 | 0,125 |
| P32 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |

**Tabela 8.8 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 2**

| <b>Espaçamento da arm. transv. fora das zonas críticas Piso 3</b> |               |                         |            |
|---|---------------|-------------------------|------------|
| Pilar   | $S_{cl,tmax}$ | $0,6 \cdot S_{cl,tmax}$ | s adoptado |
| P2  | 0,300         | 0,18                    | 0,150      |
| P3  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P4  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P5  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P7  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P8  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P9  | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P11   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P12   | 0,240         | 0,144                   | 0,125      |
| P13   | 0,240         | 0,144                   | 0,125      |
| P14   | 0,240         | 0,144                   | 0,125      |
| P15   | 0,240         | 0,144                   | 0,125      |
| P16   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P17   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P18   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P19   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P20   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P21   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P22   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P23   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P24   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |
| P25   | 0,180         | 0,108                   | 0,100      |

|     |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|
| P26 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P27 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P28 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P29 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P30 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |
| P31 | 0,240 | 0,144 | 0,125 |
| P32 | 0,180 | 0,108 | 0,100 |

**Tabela 8.9 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 3**

| <b>Espaçamento da arm. transv. fora das zonas críticas Piso 4</b> |               |                   |            |
|---|---------------|-------------------|------------|
| Pilar   | $S_{cl,tmax}$ | $0,6.S_{cl,tmax}$ | s adoptado |
| P5  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P7  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P8  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P9  | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P10   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P31   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |
| P32   | 0,180         | 0,108             | 0,100      |

**Tabela 8.10 - Espaçamento da armadura transversal fora das zonas críticas dos pilares do Piso 4**

## Anexo 9. Valores das armaduras dos pilares

| Armadura longitudinal pilares Cave |                               |                     |                                |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                              | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P8                                 | 9,000                         | 8Ø16                | 16,085                         |
| P9                                 | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P12                                | 28,500                        | 10Ø20+6Ø16          | 43,480                         |
| P13                                | 33,000                        | 18Ø16               | 36,191                         |
| P14                                | 36,000                        | 20Ø16               | 40,212                         |
| P15                                | 16,000                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P16                                | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P20                                | 9,000                         | 8Ø16                | 16,085                         |
| P21                                | 26,870                        | 4Ø20+8Ø16           | 28,651                         |
| P22                                | 19,710                        | 8Ø20                | 25,133                         |
| P23                                | 18,976                        | 8Ø20                | 25,133                         |
| P24                                | 9,000                         | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P25                                | 9,197                         | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P26                                | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P27                                | 29,108                        | 16Ø16               | 32,170                         |
| P28                                | 18,608                        | 8Ø20                | 25,133                         |
| P29                                | 9,000                         | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P30                                | 9,000                         | 8Ø20                | 25,133                         |
| P31                                | 12,250                        | 8Ø20                | 25,133                         |
| P32                                | 9,000                         | 8Ø16                | 16,085                         |

Tabela 9.1 - Armadura longitudinal dos pilares da Cave

| Armadura longitudinal pilares Piso 0 |                               |                     |                                |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                                | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P2                                   | 34,500                        | 14Ø20               | 43,982                         |
| P3                                   | 15,201                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P4                                   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P5                                   | 12,557                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P6                                   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P7                                   | 13,790                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P8                                   | 12,854                        | 8Ø12                | 16,085                         |
| P9                                   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P11                                  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P12                                  | 39,542                        | 10Ø20+6Ø16          | 43,480                         |
| P13                                  | 33,000                        | 18Ø16               | 36,191                         |
| P14                                  | 36,000                        | 20Ø16               | 40,212                         |
| P15                                  | 16,000                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P16                                  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |

|     |        |           |        |
|-----|--------|-----------|--------|
| P17 | 13,600 | 8Ø16      | 16,085 |
| P18 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P19 | 12,688 | 8Ø16      | 16,085 |
| P20 | 14,956 | 8Ø16      | 16,085 |
| P21 | 15,341 | 8Ø16      | 16,085 |
| P22 | 15,641 | 8Ø16      | 16,085 |
| P23 | 10,681 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P24 | 10,407 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P25 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P26 | 12,250 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P27 | 10,283 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P28 | 13,229 | 8Ø16      | 16,085 |
| P29 | 11,444 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P30 | 24,634 | 8Ø20      | 25,133 |
| P31 | 20,817 | 8Ø20      | 25,133 |
| P32 | 16,072 | 8Ø16      | 16,085 |

**Tabela 9.2 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 0**

| <b>Armadura longitudinal pilares Piso 1</b> |                               |                     |                                |
|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                                       | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P2  | 41,494                        | 16Ø20               | 50,265                         |
| P3  | 11,751                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P4  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P5  | 12,835                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P7  | 14,762                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P8  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P9  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P11   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P12   | 28,500                        | 16Ø16               | 32,170                         |
| P13   | 33,000                        | 18Ø16               | 36,191                         |
| P14   | 36,000                        | 20Ø16               | 40,212                         |
| P15   | 16,000                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P16   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P17   | 11,472                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P18   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P19   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P20   | 9,899                         | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P21   | 11,999                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P22   | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P23   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P24   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P25   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P26   | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P27   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P28   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |

|     |        |           |        |
|-----|--------|-----------|--------|
| P29 | 11,170 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P30 | 15,369 | 8Ø16      | 16,085 |
| P31 | 17,330 | 4Ø20+4Ø16 | 20,609 |
| P32 | 14,089 | 8Ø16      | 16,085 |

**Tabela 9.3 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 1**

| <b>Armadura longitudinal pilares Piso 2</b> |                               |                     |                                |
|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                                       | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P2  | 41,248                        | 16Ø20               | 50,265                         |
| P3  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P4  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P5  | 10,548                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P7  | 11,569                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P8  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P9  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P11   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P12   | 28,500                        | 16Ø16               | 32,170                         |
| P13   | 33,000                        | 18Ø16               | 36,191                         |
| P14   | 36,000                        | 20Ø16               | 40,212                         |
| P15   | 16,000                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P16   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P17   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P18   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P19   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P20   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P21   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P22   | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P23   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P24   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P25   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P26   | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P27   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P28   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P29   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P30   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P31   | 13,443                        | 8Ø16                | 16,085                         |
| P32   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |

**Tabela 9.4 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 2**

| <b>Armadura longitudinal pilares Piso 3</b> |                               |                     |                                |
|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                                       | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P2  | 45,306                        | 16Ø20               | 50,265                         |
| P3  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P4  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P5  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P7  | 9,074                         | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |

|     |        |           |        |
|-----|--------|-----------|--------|
| P8  | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P9  | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P11 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P12 | 28,500 | 16Ø16     | 32,170 |
| P13 | 33,000 | 18Ø16     | 36,191 |
| P14 | 36,000 | 20Ø16     | 40,212 |
| P15 | 16,000 | 8Ø16      | 16,085 |
| P16 | 9,000  | 8Ø16      | 9,048  |
| P17 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P18 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P19 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P20 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P21 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P22 | 12,250 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P23 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P24 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P25 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P26 | 12,250 | 4Ø16+4Ø12 | 12,566 |
| P27 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P28 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P29 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P30 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |
| P31 | 13,262 | 8Ø16      | 16,085 |
| P32 | 9,000  | 8Ø12      | 9,048  |

**Tabela 9.5 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 3**

| <b>Armadura longitudinal pilares Piso 4</b> |                               |                     |                                |
|---|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Pilar                                       | As SAP2000 (cm <sup>2</sup> ) | Disposição adoptada | As adoptada (cm <sup>2</sup> ) |
| P5  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P7  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P8  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P9  | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P10   | 6,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |
| P31   | 12,250                        | 4Ø16+4Ø12           | 12,566                         |
| P32   | 9,000                         | 8Ø12                | 9,048                          |

**Tabela 9.6 - Armadura longitudinal dos pilares do Piso 4**



| Armadura transversal pilares Cave |   |      |                     |                   |                     |                   |   |                   |   |                   |
|-----------------------------------|---|------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| Pilar                             | A <sub>sw</sub> SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |      | Direcção X          |                   | Direcção Y          |                   | Direcção X                                    |                   | Direcção Y                                    |                   |
|                                   |   |      | Geral               |                   | Geral               |                   | Geral   |                   | Geral   |                   |
|                                   |   |      | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|                                   | X   | Y    | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores |
| P8                                | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | -                 | 8,04  | -                 |
| P9                                | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P12                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 2r      | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | 8,04              | 8,04  | -                 |
| P13                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 2r      | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | 8,04              | 8,04  | -                 |
| P14                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 4r      | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | 8,04              | 8,04  | -                 |
| P15                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | -                 | 8,04  | -                 |
| P16                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P20                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | -                 | 8,04  | -                 |
| P21                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | -                 | 8,04  | -                 |
| P22                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,15 2r         | -                 | Ø8//0,15 2r         | -                 | 6,70  | -                 | 6,70  | -                 |
| P23                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,15 2r         | -                 | Ø8//0,15 2r         | -                 | 6,70  | -                 | 6,70  | -                 |
| P24                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P25                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P26                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P27                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | 8,04  | -                 | 8,04  | -                 |
| P28                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,15 2r         | -                 | Ø8//0,15 2r         | -                 | 6,70  | -                 | 6,70  | -                 |
| P29                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |
| P30                               | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,15 2r         | -                 | Ø8//0,15 2r         | -                 | 6,70  | -                 | 6,70  | -                 |
| P31                               | 12,00   | 0,00 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | 13,40   | -                 | 13,40   | -                 |
| P32                               | 9,80  | 0,00 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 |

Tabela 9.7 - Armadura transversal dos pilares da Cave

| Armadura transversal pilares Piso 0 |                        |       |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |
|-------------------------------------|------------------------|-------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Pilar                               | Asw SAP2000<br>(cm²/m) |       | Direcção X          |                   |                     |                   | Direcção Y          |                   |                     |                   |
|                                     |                        |       | Zona crítica        |                   | Geral               |                   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   |
|                                     |                        |       | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   |
|                                     | X                      | Y     | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores |
| P2                                  | 0,00                   | 11,30 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P3                                  | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P4                                  | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P5                                  | 2,60                   | 3,60  | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P6                                  | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P7                                  | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P8                                  | 4,40                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P9                                  | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P11                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P12                                 | 0,00                   | 9,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 5r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 5r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P13                                 | 0,00                   | 6,80  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 6r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 6r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P14                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 4r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 4r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P15                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 1r      | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 1r      | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 1r      | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 1r      |
| P16                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P17                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P18                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P19                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P20                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P21                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P22                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 1r      |
| P23                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P24                                 | 0,00                   | 0,00  | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |

|     |       |      |              |              |              |              |              |              |              |              |
|-----|-------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| P25 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r |
| P26 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r |
| P27 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            |
| P28 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r |
| P29 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            | Ø8//0,075 2r | -            |
| P30 | 0,00  | 0,00 | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r |
| P31 | 22,00 | 0,00 | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r |
| P32 | 16,80 | 3,80 | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r |

**Tabela 9.8 - Armadura transversal dos pilares do Piso 0**

| Armadura transversal pilares Piso 1 |                                     |     |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Pilar                               | Asw SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |     | Direcção X          |                   |                     |                   | Direcção Y          |                   |                     |                   |
|                                     |                                     |     | Zona crítica        |                   | Geral               |                   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   |
|                                     |                                     |     | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   |
|                                     | X                                   | Y   | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores |
| P2                                  | 0                                   | 4,6 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P3                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P4                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P5                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P7                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P8                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P9                                  | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P11                                 | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      |
| P12                                 | 0                                   | 8,8 | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 5r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 5r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P13                                 | 0                                   | 8,5 | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 6r      | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 6r      | Ø8//0,100 2r        | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P14                                 | 0                                   | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | Ø8//0,100 4r      | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P15                                 | 0                                   | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,125 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 1r      | Ø8//0,125 2r        | -                 |

|     |      |     |               |               |               |               |               |               |               |               |
|-----|------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P16 | 0    | 0   | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  |
| P17 | 0    | 0   | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P18 | 0    | 0   | -             | -             | Ø8//0,100 2r  | -             | -             | -             | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P19 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P20 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             |
| P21 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             |
| P22 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P23 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P24 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P25 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P26 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P27 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P28 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | Ø8//0,075 1r  | Ø8//0,100 2r  | -             |
| P29 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             | Ø8//0,075 2r  | -             |
| P30 | 0    | 0   | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,125 2r  | -             | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,125 2r  | -             |
| P31 | 20,7 | 0   | Ø10//0,100 2r | Ø10//0,100 1r | Ø10//0,100 2r | Ø10//0,100 1r | Ø10//0,100 2r | Ø10//0,100 1r | Ø10//0,100 2r | Ø10//0,100 1r |
| P32 | 14,8 | 4,5 | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  | Ø8//0,100 2r  | Ø8//0,100 1r  |

**Tabela 9.9 - Armadura transversal dos pilares do Piso 1**

| Armadura transversal Piso 2 |                                     |   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Pilar                       | Asw SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |   | Direcção X          |                   |                     |                   | Direcção Y          |                   |                     |                   |
|                             |                                     |   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   |
|                             |                                     |   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   |
|                             | X                                   | Y | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores |
| P2                          | 0                                   | 0 | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P3                          | 0                                   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P4                          | 0                                   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |

|     |      |     |              |              |              |              |              |              |              |   |
|-----|------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| P5  | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P7  | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P8  | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P9  | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P11 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P12 | 0    | 7,7 | -            | -            | Ø8//0,125 2r | Ø8//0,125 2r | -            | -            | Ø8//0,125 2r | - |
| P13 | 0    | 7   | -            | -            | Ø8//0,125 2r | Ø8//0,125 2r | -            | -            | Ø8//0,125 2r | - |
| P14 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,125 2r | Ø8//0,125 4r | -            | -            | Ø8//0,125 2r | - |
| P15 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,125 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,125 2r | - |
| P16 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P17 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P18 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P19 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P20 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P21 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P22 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P23 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P24 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P25 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P26 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P27 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P28 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P29 | 0    | 0   | -            | -            | Ø8//0,100 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,100 2r | - |
| P30 | 0    | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P31 | 17,7 | 0   | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | -            | Ø8//0,075 2r | Ø8//0,075 1r | Ø8//0,100 2r | - |
| P32 | 11,1 | 4,5 | -            | -            | Ø8//0,075 2r | -            | -            | -            | Ø8//0,0752r  | - |

**Tabela 9.10 - Armadura transversal dos pilares do Piso 2**

| Armadura transversal Piso 3 |                        |     |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |
|-----------------------------|------------------------|-----|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Pilar                       | Asw SAP2000<br>(cm²/m) |     | Direcção X          |                   |                     |                   | Direcção Y          |                   |                     |                   |
|                             |                        |     | Zona crítica        |                   | Geral               |                   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   |
|                             |                        |     | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   |
|                             | X                      | Y   | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores |
| P2                          | 0                      | 0   | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | Ø8//0,075 6r      | Ø8//0,075 2r        | -                 | Ø8//0,075 2r        | -                 |
| P3                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P4                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P5                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P7                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P8                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P9                          | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P11                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P12                         | 0                      | 5,7 | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 2r      | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 |
| P13                         | 0                      | 4,9 | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 2r      | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 |
| P14                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | Ø8//0,125 4r      | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 |
| P15                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,125 2r        | -                 |
| P16                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P17                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P18                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P19                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P20                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P21                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P22                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P23                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P24                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P25                         | 0                      | 0   | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |

|     |      |     |   |   |              |              |   |   |              |              |
|-----|------|-----|---|---|--------------|--------------|---|---|--------------|--------------|
| P26 | 0    | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |
| P27 | 0    | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |
| P28 | 0    | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |
| P29 | 0    | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |
| P30 | 0    | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |
| P31 | 14,3 | 5,5 | - | - | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r | - | - | Ø8//0,100 2r | Ø8//0,100 1r |
| P32 | 9,1  | 0   | - | - | Ø8//0,100 2r | -            | - | - | Ø8//0,100 2r | -            |

**Tabela 9.11 - Armadura transversal dos pilares do Piso 3**

| Armadura transversal Piso 4 |   |   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |                   |
|-----------------------------|---|---|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Pilar                       | A <sub>sw</sub> SAP2000<br>(cm <sup>2</sup> /m) |   | Direcção X          |                   |                     |                   | Direcção Y          |                   |                     |                   |
|                             |   |   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   | Zona crítica        |                   | Geral               |                   |
|                             |   |   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   | Disposição adoptada |                   |
|                             | X   | Y | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores | Cintas exteriores   | Cintas interiores |
| P5                          | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P7                          | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P8                          | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P9                          | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P10                         | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P31                         | 6,5   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |
| P32                         | 0   | 0 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 | -                   | -                 | Ø8//0,100 2r        | -                 |

**Tabela 9.12 - Armadura transversal dos pilares do Piso 4**

| Armadura transversal adopt. pilares Piso 0 |   |                   |   |                   |  |   |                   |   |                   |
|--|---|-------------------|---|-------------------|--|---|-------------------|---|-------------------|
| Pilar                                      | Direcção X                                    |                   |   |                   |  | Direcção Y                                    |                   |   |                   |
|  | Zona crítica                                  |                   | Geral   |                   |  | Zona crítica                                  |                   | Geral   |                   |
|  | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |  | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|  | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores |  | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores |

|     |       |       |       |       |       |      |       |      |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| P2  | 13,40 | 40,21 | 13,40 | 40,21 | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P3  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P4  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P5  | 13,40 | -     | 13,40 | -     | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P6  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P7  | 13,40 | -     | 13,40 | -     | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P8  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P9  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P11 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P12 | 10,05 | 25,13 | 10,05 | 25,13 | 10,05 | -    | 10,05 | -    |
| P13 | 10,05 | 30,16 | 10,05 | 30,16 | 10,05 | -    | 10,05 | -    |
| P14 | 10,05 | 20,11 | 10,05 | 20,11 | 10,05 | -    | 10,05 | -    |
| P15 | 8,04  | 4,02  | 8,042 | 4,02  | 8,04  | 4,02 | 8,04  | 4,02 |
| P16 | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P17 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P18 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P19 | 13,40 | -     | 13,40 | -     | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P20 | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P21 | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P22 | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P23 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P24 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P25 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P26 | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70  | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P27 | 13,40 | -     | 13,40 | -     | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P28 | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03  | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P29 | 13,40 | -     | 13,40 | -     | 13,40 | -    | 13,40 | -    |



|     |       |      |       |      |       |      |       |      |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| P30 | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 | 10,05 | 5,03 |
| P31 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |
| P32 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 | 13,40 | 6,70 |

**Tabela 9.13 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 0**

| Armadura transversal adopt. pilares Piso 1 |   |                   |   |                   |   |                   |   |                   |
|--|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| Pilar                                      | Direcção X                                    |                   |   |                   | Direcção Y                                    |                   |   |                   |
|  | Zona crítica                                  |                   | Geral   |                   | Zona crítica                                  |                   | Geral   |                   |
|  | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | A <sub>sw</sub> adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|  | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores | Cintas exteriores                             | Cintas interiores |
| P2   | 13,40   | 40,21             | 13,40   | 40,21             | 13,40   | -                 | 13,40   | -                 |
| P3   | 13,40   | -                 | 10,05   | -                 | 13,40   | -                 | 10,05   | -                 |
| P4   | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 |
| P5   | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P7   | 13,40   | -                 | 10,05   | -                 | 13,40   | -                 | 10,05   | -                 |
| P8   | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 |
| P9   | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 |
| P11  | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 | 13,40   | 6,70              | 13,40   | 6,70              |
| P12  | 10,05   | 25,13             | 8,04  | 8,04              | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P13  | 10,05   | 30,16             | 8,04  | 8,04              | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P14  | -   | -                 | 8,04  | 16,08             | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P15  | 13,40   | 6,70              | 8,04  | -                 | 13,40   | 6,70              | 8,04  | -                 |
| P16  | 10,05   | 5,03              | 10,05   | 5,03              | -   | 5,03              | 10,05   | 5,03              |
| P17  | 10,05   | -                 | 10,05   | -                 | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P18  | -   | -                 | 10,05   | -                 | -   | -                 | 10,05   | -                 |
| P19  | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 | 13,40   | 6,70              | 10,05   | -                 |

|     |       |      |       |      |       |      |       |      |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| P20 | 13,40 | -    | 10,05 | -    | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P21 | 13,40 | -    | 10,05 | -    | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P22 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P23 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P24 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P25 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P26 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P27 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P28 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -    |
| P29 | 13,40 | -    | 10,05 | -    | 13,40 | -    | 13,40 | -    |
| P30 | 10,05 | 5,03 | 10,05 | -    |       | 5,03 | 8,04  | -    |
| P31 | 15,71 | 7,85 | 10,05 | 7,85 |       | 7,85 | 15,71 | 7,85 |
| P32 | 10,05 | 5,03 | 13,40 | 5,03 |       | 5,03 | 10,05 | 5,03 |

**Tabela 9.14 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 1**

| Armadura transversal adopt. pilares Piso 2 |  |                   |  |                   |  |                   |  |                   |
|--|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| Pilar                                      | Direcção X                             |                   |  |                   | Direcção Y                             |                   |  |                   |
|  | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   |
|  | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|  | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores |
| P2   | 13,40                                  | 40,21             | 13,40                                  | 40,21             | 13,40                                  | -                 | 13,40                                  | -                 |
| P3   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P4   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P5   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P7   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P8   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |

|     |       |      |       |       |       |      |       |   |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|---|
| P9  | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P11 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P12 | -     | -    | 8,04  | 8,04  | -     | -    | 8,04  | - |
| P13 | -     | -    | 8,04  | 8,04  | -     | -    | 8,04  | - |
| P14 | -     | -    | 8,04  | 16,08 | -     | -    | 8,04  | - |
| P15 | -     | -    | 8,04  | -     | -     | -    | 8,04  | - |
| P16 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P17 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P18 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P19 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P20 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P21 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P22 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P23 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P24 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P25 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P26 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P27 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P28 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P29 | -     | -    | 10,05 | -     | -     | -    | 10,05 | - |
| P30 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P31 | 13,40 | 6,70 | 10,05 | -     | 13,40 | 6,70 | 10,05 | - |
| P32 | -     | -    | 13,40 | -     | -     | -    | 13,40 | - |

**Tabela 9.15 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 2**

| Armadura transversal adopt. pilares Piso 3 |  |                   |  |                   |  |                   |  |                   |
|--|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| Pilar                                      | Direcção X                             |                   |  |                   | Direcção Y                             |                   |  |                   |
|  | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   |
|  | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|  | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores |
| P2   | 13,40                                  | 40,21             | 13,40                                  | 40,21             | 13,40                                  | -                 | 13,40                                  | -                 |
| P3   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P4   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P5   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P7   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P8   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P9   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P11  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P12  | -                                      | -                 | 8,04                                   | 8,04              | -                                      | -                 | 8,04                                   | -                 |
| P13  | -                                      | -                 | 8,04                                   | 8,04              | -                                      | -                 | 8,04                                   | -                 |
| P14  | -                                      | -                 | 8,04                                   | 16,08             | -                                      | -                 | 8,04                                   | -                 |
| P15  | -                                      | -                 | 8,04                                   | -                 | -                                      | -                 | 8,04                                   | -                 |
| P16  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P17  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P18  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P19  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P20  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P21  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P22  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P23  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P24  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P25  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |

|     |   |   |       |      |   |   |       |      |
|-----|---|---|-------|------|---|---|-------|------|
| P26 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |
| P27 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |
| P28 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |
| P29 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |
| P30 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |
| P31 | - | - | 10,05 | 5,03 | - | - | 10,05 | 5,03 |
| P32 | - | - | 10,05 | -    | - | - | 10,05 | -    |

**Tabela 9.16 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 3**

| <b>Armadura transversal adopt. pilares Piso 4</b> |  |                   |  |                   |  |                   |  |                   |
|---|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| Pilar   | Direcção X                             |                   |  |                   | Direcção Y                             |                   |  |                   |
|   | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   | Zona crítica                           |                   | Geral                                  |                   |
|   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   | $A_{sw}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |                   |
|   | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores | Cintas exteriores                      | Cintas interiores |
| P5  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P7  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P8  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P9  | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P10   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P31   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |
| P32   | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 | -                                      | -                 | 10,05                                  | -                 |

**Tabela 9.17 - Valores da armadura transversal adoptada dos pilares do Piso 4**

| Verificação da ductilidade dos pilares Piso 0 |            |       |                   |           |           |           |           |                |            |            |          |                   |               |
|---|------------|-------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|----------|-------------------|---------------|
| Pilar   | $\mu_\phi$ | $v_d$ | $\epsilon_{sy,d}$ | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $h_c$ (m) | $h_0$ (m) | $\Sigma b_i^2$ | $\alpha_n$ | $\alpha_s$ | $\alpha$ | $\omega_{wd,min}$ | $\omega_{wd}$ |
| P2  | 3,105      | 0,117 | 0,002175          | 0,300     | 0,222     | 1,150     | 1,072     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P3  |            | 0,451 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,600      | 0,441    | 0,245             | 0,344         |
| P4  |            | 0,351 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,156             | 0,460         |
| P5  |            | 0,310 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,227             | 0,264         |
| P6  |            | 0,036 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P7  |            | 0,320 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,235             | 0,264         |
| P8  |            | 0,391 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,600      | 0,441    | 0,208             | 0,344         |
| P9  |            | 0,389 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,176             | 0,460         |
| P11   |            | 0,280 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,117             | 0,460         |
| P12   |            | 0,284 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,950     | 0,872     | 0,303          | 0,739      | 0,730      | 0,540    | 0,109             | 0,227         |
| P13   |            | 0,346 |                   | 0,300     | 0,222     | 1,100     | 1,022     | 0,590          | 0,567      | 0,737      | 0,418    | 0,192             | 0,233         |
| P14   |            | 0,194 |                   | 0,300     | 0,222     | 1,200     | 1,122     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P15   |            | 0,338 |                   | 0,400     | 0,322     | 0,400     | 0,322     | 0,178          | 0,715      | 0,649      | 0,464    | 0,148             | 0,189         |
| P16   |            | 0,356 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,159             | 0,460         |
| P17   |            | 0,445 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,600      | 0,441    | 0,241             | 0,344         |
| P18   |            | 0,288 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,122             | 0,460         |
| P19   |            | 0,353 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,263             | 0,264         |
| P20   |            | 0,449 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,600      | 0,441    | 0,244             | 0,344         |
| P21   |            | 0,450 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,600      | 0,441    | 0,244             | 0,344         |
| P22   |            | 0,464 |                   | 0,350     | 0,272     | 0,350     | 0,272     | 0,123          | 0,723      | 0,666      | 0,482    | 0,216             | 0,280         |
| P23   |            | 0,395 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,691      | 0,508    | 0,178             | 0,459         |
| P24   |            | 0,425 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,078          | 0,735      | 0,691      | 0,508    | 0,194             | 0,459         |
| P25   |            | 0,408 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,187             | 0,460         |
| P26   |            | 0,440 |                   | 0,350     | 0,272     | 0,350     | 0,272     | 0,123          | 0,723      | 0,743      | 0,537    | 0,179             | 0,373         |
| P27   |            | 0,429 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,039          | 0,867      | 0,691      | 0,599    | 0,161             | 0,265         |

|     |  |       |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|--|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P28 |  | 0,458 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,078 | 0,735 | 0,600 | 0,441 | 0,249 | 0,344 |
| P29 |  | 0,348 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,151 | 0,491 | 0,691 | 0,339 | 0,246 | 0,264 |
| P30 |  | 0,586 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,075 | 0,745 | 0,600 | 0,447 | 0,324 | 0,344 |
| P31 |  | 0,555 |  | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,119 | 0,732 | 0,666 | 0,487 | 0,262 | 0,279 |
| P32 |  | 0,378 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,078 | 0,735 | 0,600 | 0,441 | 0,199 | 0,344 |

**Tabela 9.18 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 0**

| Verificação da ductilidade dos pilares Piso 1 |            |       |                   |           |           |           |           |                |            |            |          |                   |               |
|---|------------|-------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|----------|-------------------|---------------|
| Pilar   | $\mu_\phi$ | $V_d$ | $\epsilon_{sy,d}$ | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $h_c$ (m) | $h_0$ (m) | $\Sigma b_i^2$ | $\alpha_n$ | $\alpha_s$ | $\alpha$ | $\omega_{wd,min}$ | $\omega_{wd}$ |
| P2  | 3,105      | 0,087 | 0,002175          | 0,300     | 0,222     | 1,150     | 1,072     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P3  |            | 0,322 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,237             | 0,264         |
| P4  |            | 0,254 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,103             | 0,460         |
| P5  |            | 0,220 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,600      | 0,282    | 0,179             | 0,198         |
| P7  |            | 0,238 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,166             | 0,264         |
| P8  |            | 0,243 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,097             | 0,460         |
| P9  |            | 0,274 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,114             | 0,460         |
| P11   |            | 0,206 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,077             | 0,460         |
| P12   |            | 0,202 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,950     | 0,872     | 0,309          | 0,734      | 0,730      | 0,536    | 0,068             | 0,226         |
| P13   |            | 0,249 |                   | 0,300     | 0,222     | 1,100     | 1,022     | 0,363          | 0,733      | 0,801      | 0,587    | 0,081             | 0,311         |
| P14   |            | 0,144 |                   | 0,300     | 0,222     | 1,200     | 1,122     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P15   |            | 0,248 |                   | 0,400     | 0,322     | 0,400     | 0,322     | 0,178          | 0,715      | 0,781      | 0,558    | 0,077             | 0,314         |
| P16   |            | 0,263 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,108             | 0,460         |
| P17   |            | 0,272 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,194             | 0,264         |
| P18   |            | 0,175 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P19   |            | 0,236 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,080          | 0,729      | 0,691      | 0,504    | 0,093             | 0,460         |
| P20   |            | 0,311 |                   | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | 0,157          | 0,470      | 0,691      | 0,324    | 0,228             | 0,264         |

|     |  |       |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|--|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P21 |  | 0,324 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,157 | 0,470 | 0,691 | 0,324 | 0,238 | 0,264 |
| P22 |  | 0,338 |  | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,123 | 0,723 | 0,743 | 0,537 | 0,129 | 0,373 |
| P23 |  | 0,287 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,121 | 0,460 |
| P24 |  | 0,316 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,137 | 0,460 |
| P25 |  | 0,303 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,130 | 0,460 |
| P26 |  | 0,324 |  | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,123 | 0,723 | 0,743 | 0,537 | 0,122 | 0,373 |
| P27 |  | 0,316 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,137 | 0,460 |
| P28 |  | 0,341 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,150 | 0,460 |
| P29 |  | 0,257 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,157 | 0,470 | 0,691 | 0,324 | 0,182 | 0,264 |
| P30 |  | 0,394 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,078 | 0,735 | 0,600 | 0,441 | 0,209 | 0,344 |
| P31 |  | 0,400 |  | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,119 | 0,732 | 0,593 | 0,434 | 0,205 | 0,224 |
| P32 |  | 0,263 |  | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,078 | 0,735 | 0,600 | 0,441 | 0,128 | 0,344 |

Tabela 9.19 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 1

| Verificação da ductilidade dos pilares Piso 2 |            |       |                      |           |           |           |           |                |            |            |          |                   |               |
|---|------------|-------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|----------|-------------------|---------------|
| Pilar   | $\mu_\phi$ | $v_d$ | $\varepsilon_{sy,d}$ | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $h_c$ (m) | $h_0$ (m) | $\Sigma b_i^2$ | $\alpha_n$ | $\alpha_s$ | $\alpha$ | $\Omega_{wd,min}$ | $\Omega_{wd}$ |
| P2  | 3,105      | 0,055 | 0,002175             | 0,300     | 0,222     | 1,150     | 1,072     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P3  |            | 0,195 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P4  |            | 0,156 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P5  |            | 0,150 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P7  |            | 0,159 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P8  |            | 0,111 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P9  |            | 0,178 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P11   |            | 0,129 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,300     | 0,222     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P12   |            | 0,120 |                      | 0,300     | 0,222     | 0,950     | 0,872     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |
| P13   |            | 0,152 |                      | 0,300     | 0,222     | 1,100     | 1,022     | -              | -          | -          | -        | -                 | -             |



|     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P14 | 0,093 | 0,300 | 0,222 | 1,200 | 1,122 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P15 | 0,161 | 0,400 | 0,322 | 0,400 | 0,322 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P16 | 0,167 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P17 | 0,162 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P18 | 0,106 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P19 | 0,141 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P20 | 0,186 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P21 | 0,199 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P22 | 0,213 | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,119 | 0,732 | 0,743 | 0,544 | 0,067 | 0,373 |
| P23 | 0,183 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P24 | 0,211 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,080 | 0,460 |
| P25 | 0,198 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P26 | 0,207 | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,119 | 0,732 | 0,743 | 0,544 | 0,064 | 0,373 |
| P27 | 0,205 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,077 | 0,460 |
| P28 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,086 | 0,460 |
| P29 | 0,166 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P30 | 0,229 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | 0,080 | 0,729 | 0,691 | 0,504 | 0,090 | 0,459 |
| P31 | 0,236 | 0,350 | 0,272 | 0,350 | 0,272 | 0,123 | 0,723 | 0,593 | 0,429 | 0,109 | 0,224 |
| P32 | 0,150 | 0,300 | 0,222 | 0,300 | 0,222 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

**Tabela 9.20 - Verificação da ductilidade dos pilares do Piso 2**

## Anexo 10. Diagrama de momentos flectores e esforço transversal das paredes

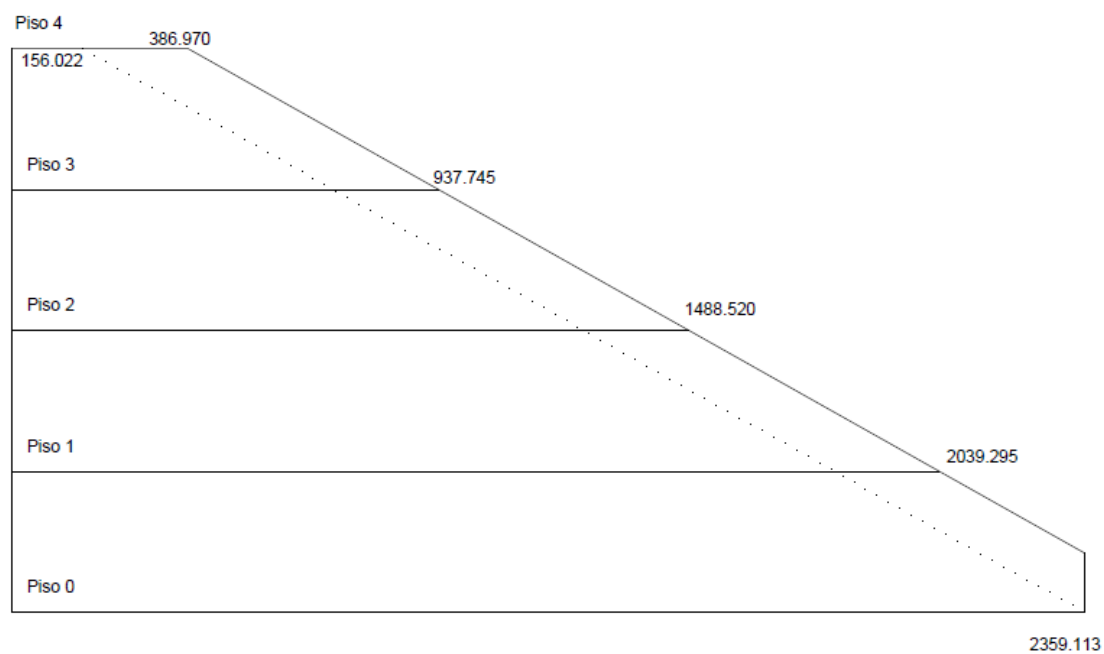


Figura 10.1 - Envolvente do diagrama de momentos flectores da parede P1

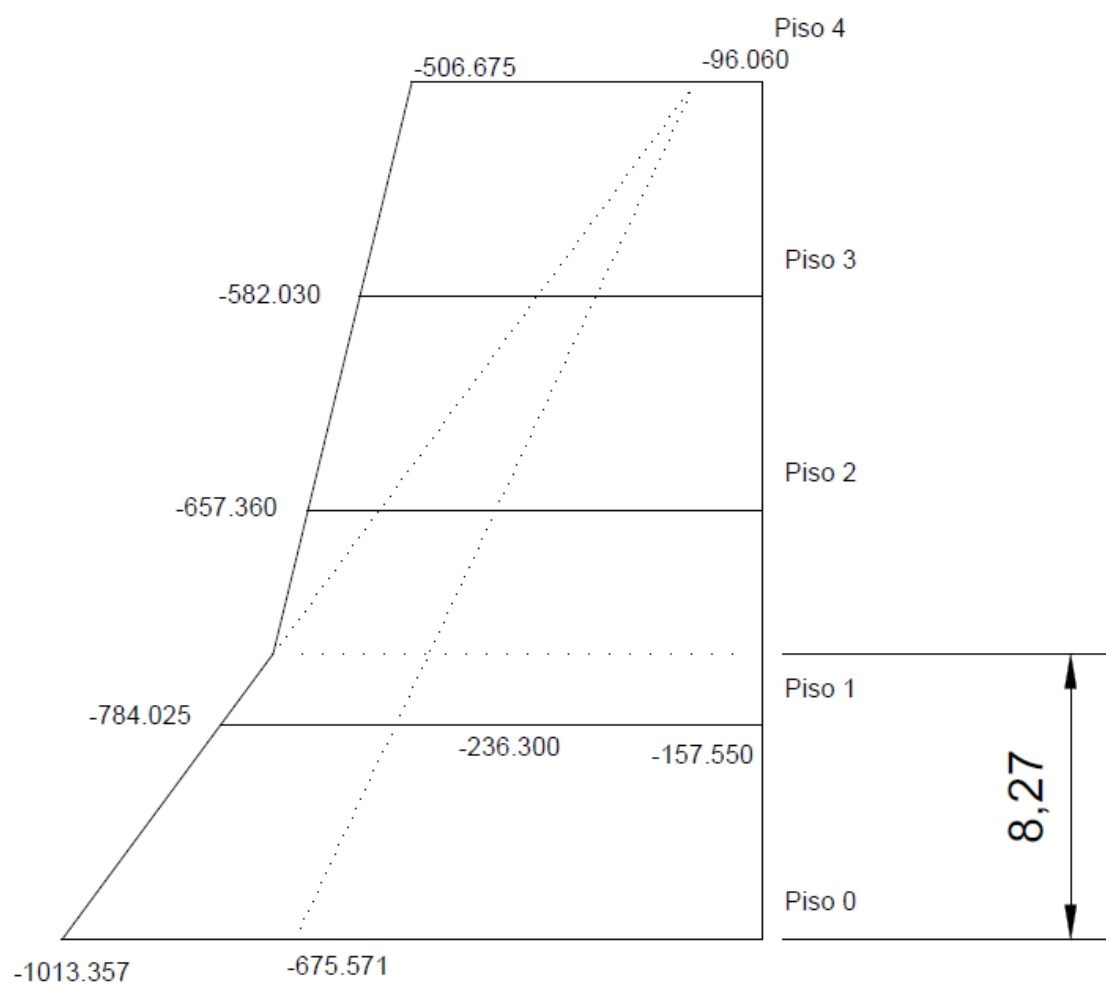


Figura 10.2 - Envolvente do diagrama de esforço transverso da parede P1

## Anexo 11. Cálculo das paredes

| Características da parede P10 |           |           |         |           |              |           |                 |
|-------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| $b_w$ (m)                     | $l_w$ (m) | $l_c$ (m) | $z$ (m) | $h_w$ (m) | $h_{cr}$ (m) | $h_s$ (m) | $b_{w,min}$ (m) |
| 0,21                          | 0,95      | 0,35      | 0,60    | 12,40     | 2,07         | 3,10      | 0,21            |

Tabela 11.1 - Características da parede P10

| Cálculo da armadura vertical dos pilares fictícios da parede P10 |                    |                 |            |                     |       |                          |                                |              |
|--|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Troço  | $N_{Ed,50\%}$ (kN) | $M_{Ed}$ (kN.m) | $F_s$ (kN) | $N_{Ed,sismo}$ (kN) | $v_d$ | $A_s$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{s,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 3   | -158,637           | 330,490         | 471,498    | -242,954            | 0,041 | 10,844                   | 3,675                          | 10Ø12        |
| Piso 2   | -296,292           | 377,775         | 481,479    | -399,685            | 0,067 | 11,074                   | 3,675                          | 10Ø12        |
| Piso 1   | -426,259           | 425,065         | 495,312    | -547,493            | 0,091 | 11,392                   | 3,675                          | 12Ø12        |
| Piso 0   | -540,704           | 463,190         | 501,631    | -678,614            | 0,113 | 11,538                   | 3,675                          | 12Ø12        |

Tabela 11.2 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede P10

| Cálculo da armadura vertical da alma da parede P10 |                                |                                 |              |
|--|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Troço  | $A_{c,alma}$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 3   | 0,053                          | 1,05                            | 2Ø10         |
| Piso 2   | 0,053                          | 1,05                            | 2Ø10         |
| Piso 1   | 0,053                          | 1,05                            | 2Ø10         |
| Piso 0   | 0,053                          | 1,05                            | 2Ø10         |

Tabela 11.3 - Armadura vertical da alma da parede P10

| Cálculo da armadura horizontal da alma da parede P10 |                          |                         |
|--|--------------------------|-------------------------|
| Troço  | $A_h$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. (por face) |
| Piso 3   | 3,220                    | Ø8//0,250               |
| Piso 2   | 3,220                    | Ø8//0,250               |
| Piso 1   | 3,786                    | Ø8//0,250               |
| Piso 0   | 3,786                    | Ø8//0,250               |

Tabela 11.4 - Armadura horizontal da alma da parede P10

| Verificação da armadura vertical da parede P10 |                         |                                 |                                   |                                 |
|--|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Troço  | $A_c$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{sv,total}$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{sv,max}$ (cm <sup>2</sup> ) |
| Piso 3   | 0,1995                  | 3,99                            | 12,881                            | 79,8                            |
| Piso 2   | 0,1995                  | 3,99                            | 12,881                            | 79,8                            |
| Piso 1   | 0,1995                  | 3,99                            | 15,142                            | 79,8                            |
| Piso 0   | 0,1995                  | 3,99                            | 15,142                            | 79,8                            |

Tabela 11.5 - Verificação da armadura vertical da parede P10

| Verificação da compressão na biela (esf. transverso) da parede P10 |           |           |         |       |                |          |                   |
|--|-----------|-----------|---------|-------|----------------|----------|-------------------|
| $\alpha_{cw}$  | $b_w$ (m) | $h_w$ (m) | $z$ (m) | $v_1$ | $F_{cd}$ (MPa) | teta (°) | $V_{Rd,max}$ (kN) |
| 1  | 0,3       | 12,4      | 0,6     | 0,528 | 20             | 45       | 665,28            |

Tabela 11.6 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede P10

| Verificação da armadura de tracção (esf. transverso) da parede P10 |               |         |                 |          |                                 |                                      |              |                 |
|--|---------------|---------|-----------------|----------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|
| Troço  | $V_{Ed}$ (kN) | $z$ (m) | $f_{ywd}$ (MPa) | teta (°) | $A_{sw/s}$ (cm <sup>2</sup> /m) | $A_{sw/s \min}$ (cm <sup>2</sup> /m) | Disp. adopt. | $V_{Rd,s}$ (kN) |
| Piso 3   | 240,61        | 0,6     | 434,7826        | 45       | 9,223383                        | 1,645265                             | Ø8//0,150    | 279,7383        |
| Piso 2   | 284,815       | 0,6     | 434,7826        | 45       | 10,91791                        | 1,645265                             | Ø8//0,125    | 314,7056        |
| Piso 1   | 333,905       | 0,6     | 434,7826        | 45       | 12,79969                        | 1,645265                             | Ø8//0,100    | 367,1566        |
| Piso 0   | 392,768       | 0,6     | 434,7826        | 45       | 15,05611                        | 1,645265                             | Ø8//0,075    | 454,5748        |

Tabela 11.7 - Verificação da segurança ao esforço transverso da parede P10

| Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas parede P10 |                           |         |         |                   |                       |                  |
|--|---------------------------|---------|---------|-------------------|-----------------------|------------------|
| Troço  | Diâmetro mínimo utilizado | $l$ (m) | $b$ (m) | $s_{cl,tmax}$ (m) | $0,6*s_{cl,tmax}$ (m) | $s$ adoptado (m) |
| Piso 3   | 12                        | 0,95    | 0,21    | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |
| Piso 2   | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |
| Piso 1   | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |
| Piso 0   | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |

Tabela 11.8 - Espaços das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede P10

| Características da parede N1 |           |           |         |           |              |           |                 |
|------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| $b_w$ (m)                    | $l_w$ (m) | $l_c$ (m) | $z$ (m) | $h_w$ (m) | $h_{cr}$ (m) | $h_s$ (m) | $b_{w,min}$ (m) |
| 0,21                         | 3,37      | 0,55      | 2,90    | 15,10     | 3,37         | 3,10      | 0,21            |

Tabela 11.9 - Características da parede N1

| Cálculo da armadura vertical dos pilares fictícios da parede N1 |                    |                 |            |                     |       |                          |                                |              |
|---|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Troço   | $N_{Ed,50\%}$ (kN) | $M_{Ed}$ (kN.m) | $F_s$ (kN) | $N_{Ed,sismo}$ (kN) | $v_d$ | $A_s$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{s,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | -65,837            | 1219,915        | 387,742    | -200,374            | 0,009 | 8,918                    | 4,820                          | 10Ø12        |
| Piso 3  | -110,197           | 1724,675        | 539,617    | -384,852            | 0,018 | 12,411                   | 4,820                          | 12Ø12        |
| Piso 2  | -153,256           | 2229,430        | 692,141    | -938,301            | 0,044 | 15,919                   | 4,820                          | 10Ø16        |
| Piso 1  | -194,702           | 2734,185        | 845,471    | -2135,574           | 0,101 | 19,446                   | 4,820                          | 10Ø16        |
| Piso 0  | -232,990           | 2766,740        | 837,554    | -3758,373           | 0,177 | 19,264                   | 4,820                          | 10Ø16        |

Tabela 11.10 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N1

| Cálculo da armadura vertical da alma da parede N1 |                                |                                 |              |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Troço   | $A_{c,alma}$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | 0,477                          | 9,534                           | 14Ø10        |
| Piso 3  | 0,477                          | 9,534                           | 14Ø10        |
| Piso 2  | 0,477                          | 9,534                           | 14Ø10        |

|        |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|
| Piso 1 | 0,477 | 9,534 | 14Ø10 |
| Piso 0 | 0,477 | 9,534 | 14Ø10 |

Tabela 11.11 - Armadura vertical da alma da parede N1

| Cálculo da armadura horizontal da alma da parede N1 |                                   |                         |
|---|-----------------------------------|-------------------------|
| Troço   | A <sub>h</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. (por face) |
| Piso 4  | 5,576                             | Ø8//0,250               |
| Piso 3  | 6,142                             | Ø8//0,250               |
| Piso 2  | 7,775                             | Ø8//0,250               |
| Piso 1  | 7,775                             | Ø8//0,250               |
| Piso 0  | 7,775                             | Ø8//0,250               |

Tabela 11.12 - Armadura horizontal da alma da parede N1

| Verificação da armadura vertical da parede N1 |                                  |  |  |  |
|---|----------------------------------|--|--|--|
| Troço   | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,min</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,total</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,max</sub> (cm <sup>2</sup> ) |
| Piso 4  | 0,708                            | 14,154                                 | 22,305                                   | 283,080                                |
| Piso 3  | 0,708                            | 14,154                                 | 24,567                                   | 283,080                                |
| Piso 2  | 0,708                            | 14,154                                 | 31,102                                   | 283,080                                |
| Piso 1  | 0,708                            | 14,154                                 | 31,102                                   | 283,080                                |
| Piso 0  | 0,708                            | 14,154                                 | 31,102                                   | 283,080                                |

Tabela 11.13 - Verificação da armadura vertical da parede N1

| Verificação da compressão na biela (esf. transversal) da parede N1 |                    |                    |       |                |                       |          |                          |
|--|--------------------|--------------------|-------|----------------|-----------------------|----------|--------------------------|
| $\alpha_{cw}$  | b <sub>w</sub> (m) | h <sub>w</sub> (m) | z (m) | v <sub>l</sub> | F <sub>cd</sub> (MPa) | teta (°) | V <sub>Rd,max</sub> (kN) |
| 1  | 0,21               | 15,1               | 2,9   | 0,528          | 20                    | 45       | 3215,520                 |

Tabela 11.14 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N1

| Verificação da armadura de tracção (esf. transversal) da parede N1 |                      |       |                        |          |  |  |              |                        |
|--|----------------------|-------|------------------------|----------|--|--|--------------|------------------------|
| Troço  | V <sub>Ed</sub> (kN) | z (m) | f <sub>ywd</sub> (MPa) | teta (°) | A <sub>sw/s</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | A <sub>sw/s min</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | Disp. adopt. | V <sub>Rd,s</sub> (kN) |
| Piso 4   | 895,565              | 2,9   | 434,783                | 45       | 7,103                                  | 2,350                                      | Ø8//0,125    | 1014,051               |
| Piso 3   | 996,960              | 2,9   | 434,783                | 45       | 7,907                                  | 2,350                                      | Ø8//0,125    | 1014,051               |
| Piso 2   | 1098,335             | 2,9   | 434,783                | 45       | 8,711                                  | 2,350                                      | Ø8//0,100    | 1267,564               |
| Piso 1   | 1322,035             | 2,9   | 434,783                | 45       | 10,485                                 | 2,350                                      | Ø8//0,075    | 1690,086               |
| Piso 0   | 1619,477             | 2,9   | 434,783                | 45       | 12,844                                 | 2,350                                      | Ø8//0,075    | 1690,086               |

Tabela 11.15 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede N1

| Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas parede N1 |                           |       |       |                          |                              |                |
|---|---------------------------|-------|-------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Troço   | Diâmetro mínimo utilizado | l (m) | b (m) | s <sub>cl,tmax</sub> (m) | 0,6*s <sub>cl,tmax</sub> (m) | s adoptado (m) |
| Piso 4  | 12                        | 3,37  | 0,21  | 0,18                     | 0,108                        | 0,100          |
| Piso 3  | 12                        |       |       | 0,18                     | 0,108                        | 0,100          |
| Piso 2  | 16                        |       |       | 0,21                     | 0,126                        | 0,125          |
| Piso 1  | 16                        |       |       | 0,21                     | 0,126                        | 0,125          |
| Piso 0  | EC8                       |       |       | EC8                      | EC8                          | EC8            |

Tabela 11.16 - Espaços das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede N1

| Características da parede N2 |           |           |         |           |              |           |                 |
|------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| $b_w$ (m)                    | $l_w$ (m) | $l_c$ (m) | $z$ (m) | $h_w$ (m) | $h_{cr}$ (m) | $h_s$ (m) | $b_{w,min}$ (m) |
| 0,21                         | 1,85      | 0,35      | 1,50    | 15,10     | 2,52         | 3,10      | 0,21            |

Tabela 11.17 - Características da parede N2

| Cálculo da armadura vertical dos pilares fictícios da parede N2 |                    |                 |            |                     |       |                          |                                |              |
|---|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Troço   | $N_{Ed,50\%}$ (kN) | $M_{Ed}$ (kN.m) | $F_s$ (kN) | $N_{Ed,sismo}$ (kN) | $v_d$ | $A_s$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{s,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | 21,702             | 523,835         | 360,074    | -43,941             | 0,004 | 8,282                    | 3,308                          | 8Ø12         |
| Piso 3  | -24,273            | 801,530         | 522,217    | -178,515            | 0,015 | 12,011                   | 3,308                          | 12Ø12        |
| Piso 2  | -91,372            | 1079,225        | 673,797    | -400,272            | 0,034 | 15,497                   | 3,308                          | 10Ø12        |
| Piso 1  | -150,070           | 1356,925        | 829,582    | -1077,782           | 0,092 | 19,080                   | 3,308                          | 10Ø16 + 4Ø12 |
| Piso 0  | -205,389           | 1500,229        | 897,458    | -2151,190           | 0,185 | 20,642                   | 3,308                          | 10Ø16 + 4Ø12 |

Tabela 11.18 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N2

| Cálculo da armadura vertical da alma da parede N2 |                                |                                 |              |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Troço   | $A_{c,alma}$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | 0,242                          | 4,83                            | 8Ø10         |
| Piso 3  | 0,242                          | 4,83                            | 8Ø10         |
| Piso 2  | 0,242                          | 4,83                            | 8Ø10         |
| Piso 1  | 0,242                          | 4,83                            | 8Ø10         |
| Piso 0  | 0,242                          | 4,83                            | 8Ø10         |

Tabela 11.19 - Armadura vertical da alma da parede N2

| Cálculo da armadura horizontal da alma da parede N2 |                          |                         |
|---|--------------------------|-------------------------|
| Troço   | $A_h$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. (por face) |
| Piso 4  | 3,833                    | Ø8//0,250               |
| Piso 3  | 4,964                    | Ø8//0,250               |
| Piso 2  | 6,409                    | Ø8//0,250               |
| Piso 1  | 7,728                    | Ø8//0,250               |
| Piso 0  | 7,728                    | Ø8//0,250               |

Tabela 11.20 - Armadura horizontal da alma da parede N2

| Verificação da armadura vertical da parede N2 |                         |                                 |                                   |                                 |
|---|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Troço   | $A_c$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{sv,total}$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{sv,max}$ (cm <sup>2</sup> ) |
| Piso 4  | 0,389                   | 7,77                            | 15,331                            | 155,400                         |
| Piso 3  | 0,389                   | 7,77                            | 19,855                            | 155,400                         |
| Piso 2  | 0,389                   | 7,77                            | 25,635                            | 155,400                         |
| Piso 1  | 0,389                   | 7,77                            | 30,913                            | 155,400                         |
| Piso 0  | 0,389                   | 7,77                            | 30,913                            | 155,400                         |

Tabela 11.21 - Verificação da armadura vertical da parede N2

| Verificação da compressão na biela (esf. transverso) da parede N2 |           |           |         |       |                |          |                   |
|---|-----------|-----------|---------|-------|----------------|----------|-------------------|
| $\alpha_{cw}$   | $b_w$ (m) | $h_w$ (m) | $z$ (m) | $v_1$ | $F_{cd}$ (MPa) | teta (°) | $V_{Rd,max}$ (kN) |
| 1   | 0,21      | 15,1      | 1,5     | 0,528 | 20             | 45,000   | 1663,2            |

Tabela 11.22 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N2

| Verificação da armadura de tração (esf. transverso) da parede N2 |               |         |                 |          |                                 |                                      |              |                 |
|--|---------------|---------|-----------------|----------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|
| Troço  | $V_{Ed}$ (kN) | $z$ (m) | $f_{ywd}$ (MPa) | teta (°) | $A_{sw/s}$ (cm <sup>2</sup> /m) | $A_{sw/s \min}$ (cm <sup>2</sup> /m) | Disp. adopt. | $V_{Rd,s}$ (kN) |
| Piso 4   | 730,475       | 1,5     | 434,783         | 45       | 11,201                          | 2,350                                | Ø8//0,075    | 874,182         |
| Piso 3   | 807,375       | 1,5     | 434,783         | 45       | 12,380                          | 2,350                                | Ø8//0,075    | 874,182         |
| Piso 2   | 884,275       | 1,5     | 434,783         | 45       | 13,559                          | 2,350                                | Ø10//0,100   | 1024,432        |
| Piso 1   | 1072,175      | 1,5     | 434,783         | 45       | 16,440                          | 2,350                                | Ø10//0,075   | 1365,910        |
| Piso 0   | 1327,032      | 1,5     | 434,783         | 45       | 20,348                          | 2,350                                | Ø10//0,075   | 1365,910        |

Tabela 11.23 - Verificação da segurança ao esforço transverso da parede N2

| Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas parede N2 |                           |         |         |                   |                       |                  |  |
|---|---------------------------|---------|---------|-------------------|-----------------------|------------------|--|
| Troço   | Diâmetro mínimo utilizado | $l$ (m) | $b$ (m) | $s_{cl,tmax}$ (m) | $0,6*s_{cl,tmax}$ (m) | $s$ adoptado (m) |  |
| Piso 4  | 12                        | 1,85    | 0,21    | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |  |
| Piso 3  | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |  |
| Piso 2  | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |  |
| Piso 1  | 12                        |         |         | 0,18              | 0,108                 | 0,100            |  |
| Piso 0  | EC8                       |         |         | EC8               | EC8                   | EC8              |  |

Tabela 11.24 - Espaços das armaduras transversais fora das zonas críticas da parede N2

| Características da parede N3 |           |           |         |           |              |           |                 |
|------------------------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|-----------------|
| $b_w$ (m)                    | $l_w$ (m) | $l_c$ (m) | $z$ (m) | $h_w$ (m) | $h_{cr}$ (m) | $h_s$ (m) | $b_{w,min}$ (m) |
| 0,21                         | 3,06      | 0,50      | 2,6     | 15,1      | 2,516667     | 3,1       | 0,21            |

Tabela 11.25 - Características da parede N3

| Cálculo da armadura vertical dos pilares fictícios da parede N3 |                    |                 |            |                     |       |                          |                                |              |
|---|--------------------|-----------------|------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|--------------|
| Troço   | $N_{Ed,50\%}$ (kN) | $M_{Ed}$ (kN.m) | $F_s$ (kN) | $N_{Ed,sismo}$ (kN) | $v_d$ | $A_s$ (cm <sup>2</sup> ) | $A_{s,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | -63,329            | 859,760         | 299,013    | -225,827            | 0,012 | 6,877                    | 4,820                          | 10Ø10        |
| Piso 3  | -185,871           | 1188,450        | 364,161    | -619,555            | 0,032 | 8,376                    | 4,820                          | 10Ø12        |
| Piso 2  | -300,919           | 1517,145        | 433,058    | -1101,349           | 0,057 | 9,960                    | 4,820                          | 10Ø12        |
| Piso 1  | -422,300           | 1845,835        | 498,787    | -2126,050           | 0,110 | 11,472                   | 4,820                          | 12Ø12        |
| Piso 0  | -542,112           | 1898,843        | 459,268    | -3548,892           | 0,184 | 10,563                   | 4,820                          | 12Ø12        |

Tabela 11.26 - Armadura vertical dos pilares fictícios da parede N3

| Cálculo da armadura vertical da alma da parede N3 |                                |                                 |              |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Troço   | $A_{c,alma}$ (m <sup>2</sup> ) | $A_{sv,min}$ (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. |
| Piso 4  | 0,433                          | 8,652                           | 12Ø10        |



|        |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|
| Piso 3 | 0,433 | 8,652 | 12Ø10 |
| Piso 2 | 0,433 | 8,652 | 12Ø10 |
| Piso 1 | 0,433 | 8,652 | 12Ø10 |
| Piso 0 | 0,433 | 8,652 | 12Ø10 |

Tabela 11.27 - Armadura vertical da alma da parede N3

| Cálculo da armadura horizontal da alma da parede N3 |                                   |                         |
|---|-----------------------------------|-------------------------|
| Troço   | A <sub>h</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. (por face) |
| Piso 4  | 4,320                             | Ø8//0,250               |
| Piso 3  | 5,184                             | Ø8//0,250               |
| Piso 2  | 5,184                             | Ø8//0,250               |
| Piso 1  | 5,749                             | Ø8//0,250               |
| Piso 0  | 5,749                             | Ø8//0,250               |

Tabela 11.28 - Armadura horizontal da alma da parede N3

| Verificação da armadura vertical da parede N3 |                                  |  |  |  |
|---|----------------------------------|--|--|--|
| Troço   | A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,min</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,total</sub> (cm <sup>2</sup> ) | A <sub>sv,max</sub> (cm <sup>2</sup> ) |
| Piso 4  | 0,643                            | 12,852                                 | 17,279                                   | 257,040                                |
| Piso 3  | 0,643                            | 12,852                                 | 20,735                                   | 257,040                                |
| Piso 2  | 0,643                            | 12,852                                 | 20,735                                   | 257,040                                |
| Piso 1  | 0,643                            | 12,852                                 | 22,996                                   | 257,040                                |
| Piso 0  | 0,643                            | 12,852                                 | 22,996                                   | 257,040                                |

Tabela 11.29 - Verificação da armadura vertical da parede N3

| Verificação da compressão na biela (esf. transversal) da parede N3 |                    |                    |       |         |                       |          |                          |
|--|--------------------|--------------------|-------|---------|-----------------------|----------|--------------------------|
| $\alpha_{cw}$  | b <sub>w</sub> (m) | h <sub>w</sub> (m) | z (m) | $\nu_1$ | F <sub>cd</sub> (MPa) | teta (°) | V <sub>Rd,max</sub> (kN) |
| 1  | 0,21               | 15,1               | 2,6   | 0,528   | 20,000                | 45       | 2882,88                  |

Tabela 11.30 - Verificação da segurança da biela comprimida da parede N3

| Verificação da armadura de tracção (esf. transversal) da parede N3 |                      |       |                        |          |  |  |              |                        |
|--|----------------------|-------|------------------------|----------|--|--|--------------|------------------------|
| Troço  | V <sub>Ed</sub> (kN) | z (m) | f <sub>ywd</sub> (MPa) | teta (°) | A <sub>sw/s</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | A <sub>sw/s min</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | Disp. adopt. | V <sub>Rd,s</sub> (kN) |
| Piso 4   | 676,090              | 2,6   | 434,783                | 45       | 5,981                                  | 2,350                                      | Ø8//0,150    | 757,625                |
| Piso 3   | 748,245              | 2,6   | 434,783                | 45       | 6,619                                  | 2,350                                      | Ø8//0,150    | 757,625                |
| Piso 2   | 820,395              | 2,6   | 434,783                | 45       | 7,257                                  | 2,350                                      | Ø8//0,125    | 909,150                |
| Piso 1   | 993,090              | 2,6   | 434,783                | 45       | 8,785                                  | 2,350                                      | Ø8//0,100    | 1136,437               |
| Piso 0   | 1226,457             | 2,6   | 434,783                | 45       | 10,849                                 | 2,350                                      | Ø8//0,075    | 1515,249               |

Tabela 11.31 - Verificação da segurança ao esforço transversal da parede N3

| Espaçamentos das armaduras transversais fora das zonas críticas parede N3 |                           |       |       |                          |                              |                |
|---|---------------------------|-------|-------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Troço   | Diâmetro mínimo utilizado | l (m) | b (m) | S <sub>cl,tmax</sub> (m) | 0,6*S <sub>cl,tmax</sub> (m) | s adoptado (m) |
| Piso 4  | 10                        | 3,06  | 0,21  | 0,15                     | 0,090                        | 0,075          |
| Piso 3  | 12                        |       |       | 0,18                     | 0,108                        | 0,100          |

|        |     |  |  |      |       |       |
|--------|-----|--|--|------|-------|-------|
| Piso 2 | 12  |  |  | 0,18 | 0,108 | 0,100 |
| Piso 1 | 12  |  |  | 0,18 | 0,108 | 0,100 |
| Piso 0 | EC8 |  |  | EC8  | EC8   | EC8   |

**Tabela 11.32 - Espaçamentos das armaduras transversais fora da zonas críticas da parede N3**

| <b>Armadura no pilar comum das paredes N1 e N2</b> |        |                     |                                   |              |                                   |
|--|--------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Pilar  | Troço  | F <sub>s</sub> (kN) | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. | ρ <sub>v</sub> Pilar Fictício (%) |
| Pilar de canto 1-2                                 | Piso 4 | 747,816             | 17,200                            | 16Ø12        | 1,05                              |
|  | Piso 3 | 1061,834            | 24,422                            | 8Ø12 + 8Ø16  | 1,46                              |
|  | Piso 2 | 1365,939            | 31,417                            | 16Ø16        | 1,87                              |
|  | Piso 1 | 1675,053            | 38,526                            | 8Ø20 + 8Ø16  | 2,39                              |
|  | Piso 0 | 1735,012            | 39,905                            | 8Ø20 + 8Ø16  | 2,39                              |

**Tabela 11.33 - Armadura no pilar comum das paredes N1 e N2**

| <b>Armadura no pilar comum das paredes N2 e N3</b> |        |                     |                                   |              |                                   |
|--|--------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Pilar  | Troço  | F <sub>s</sub> (kN) | A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Disp. adopt. | ρ <sub>v</sub> Pilar Fictício (%) |
| Pilar de canto 2-3                                 | Piso 4 | 659,087             | 15,159                            | 8Ø16 + 4Ø12  | 1,27                              |
|  | Piso 3 | 886,377             | 20,387                            | 8Ø16 + 4Ø12  | 1,27                              |
|  | Piso 2 | 1106,855            | 25,458                            | 4Ø20 + 8Ø16  | 1,76                              |
|  | Piso 1 | 1328,369            | 30,552                            | 8Ø20 + 4Ø16  | 2,04                              |
|  | Piso 0 | 1356,727            | 31,205                            | 8Ø20 + 4Ø16  | 2,04                              |

**Tabela 11.34 - Armadura no pilar comum das paredes N2 e N3**

| Espaceamento máximo das cintas do núcleo |                       |                      |                         |                |
|--|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| Elemento                                 | b <sub>0</sub><br>(m) | d <sub>bl</sub> (mm) | s <sub>max</sub><br>(m) | s adoptado (m) |
| N1                                       | 0,132                 | 16                   | 0,066                   | 0,05           |
| N2                                       | 0,132                 | 16                   | 0,066                   | 0,05           |
| N3                                       | 0,132                 | 12                   | 0,066                   | 0,05           |

Tabela 11.35 - Espaceamento das cintas do núcleo

| Verificação da ductilidade das paredes do núcleo |        |       |              |       |                   |           |           |           |           |                |            |            |          |            |                   |               |
|--|--------|-------|--------------|-------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|----------|------------|-------------------|---------------|
| Troço  | Parede | Pilar | $\mu_{\phi}$ | $v_d$ | $\epsilon_{sy,d}$ | $b_c$ (m) | $b_0$ (m) | $h_c$ (m) | $h_0$ (m) | $\Sigma b_i^2$ | $\alpha_n$ | $\alpha_s$ | $\alpha$ | $\omega_v$ | $\omega_{wd,min}$ | $\omega_{wd}$ |
| P0-P1  | N1     | Cima  | 3,105        | 0,177 | 0,002175          | 0,210     | 0,132     | 0,585     | 0,546     | 0,120          | 0,722      | 0,773      | 0,559    | 0,050      | 0,068             | 0,648         |
|  |        | Baixo |              |       |                   | 0,210     | 0,132     | 0,585     | 0,546     | 0,115          | 0,734      | 0,773      | 0,568    | 0,050      | 0,067             | 0,519         |
|  | N2     | Esq   |              | 0,185 |                   | 0,210     | 0,132     | 0,385     | 0,346     | 0,108          | 0,606      | 0,752      | 0,456    | 0,057      | 0,094             | 0,421         |
|  |        | Dir   |              |       |                   | 0,210     | 0,132     | 0,385     | 0,346     | 0,095          | 0,654      | 0,752      | 0,492    | 0,057      | 0,087             | 0,569         |
|  | N3     | Cima  |              | 0,184 |                   | 0,210     | 0,132     | 0,535     | 0,496     | 0,135          | 0,656      | 0,770      | 0,505    | 0,047      | 0,078             | 0,693         |
|  |        | Baixo |              |       |                   | 0,210     | 0,132     | 0,535     | 0,496     | 0,159          | 0,594      | 0,770      | 0,458    | 0,047      | 0,087             | 0,603         |

Tabela 11.36 - Verificação da ductilidade do núcleo

## Anexo 12. Gráficos com os valores das armaduras das lajes e escadas

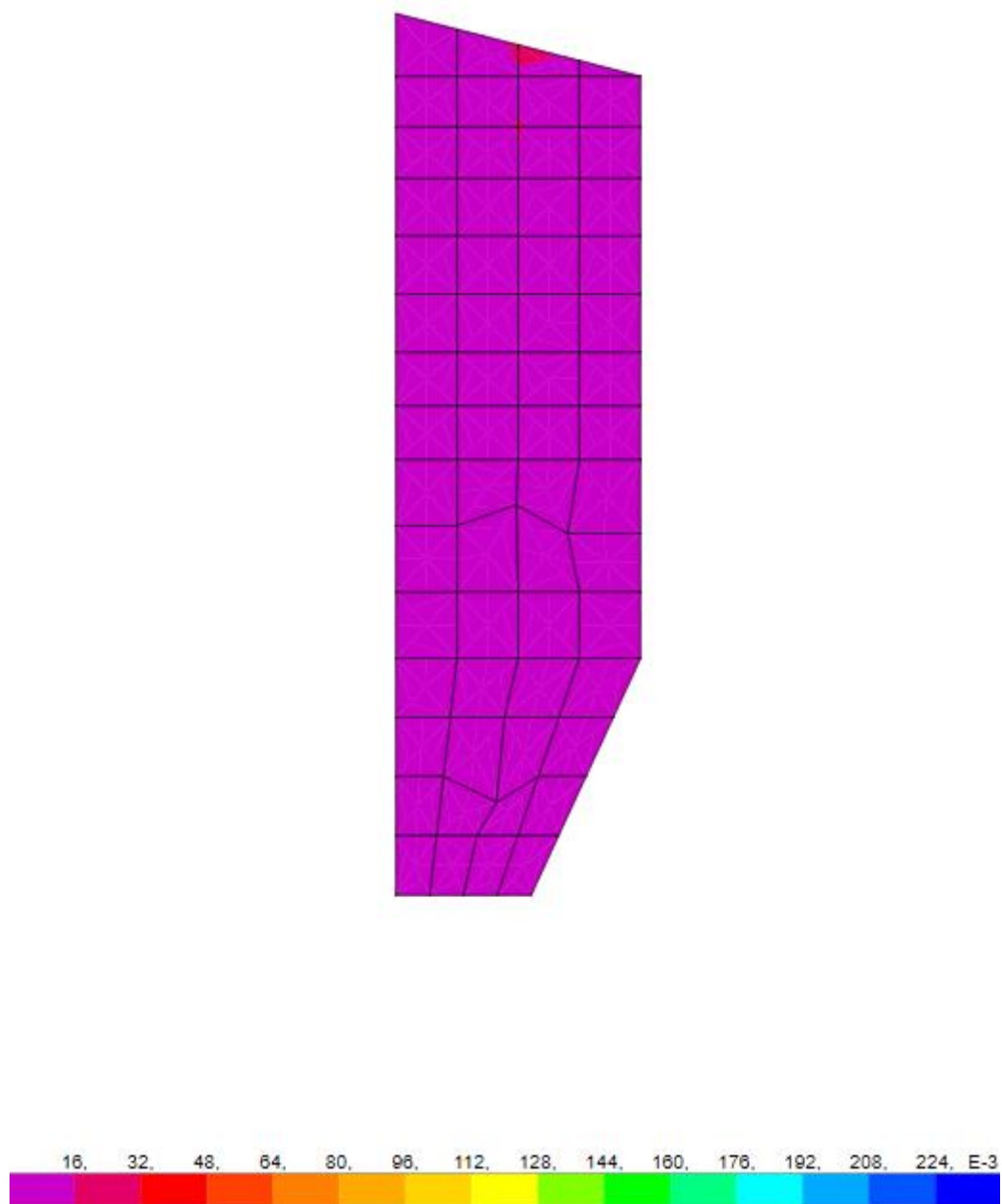
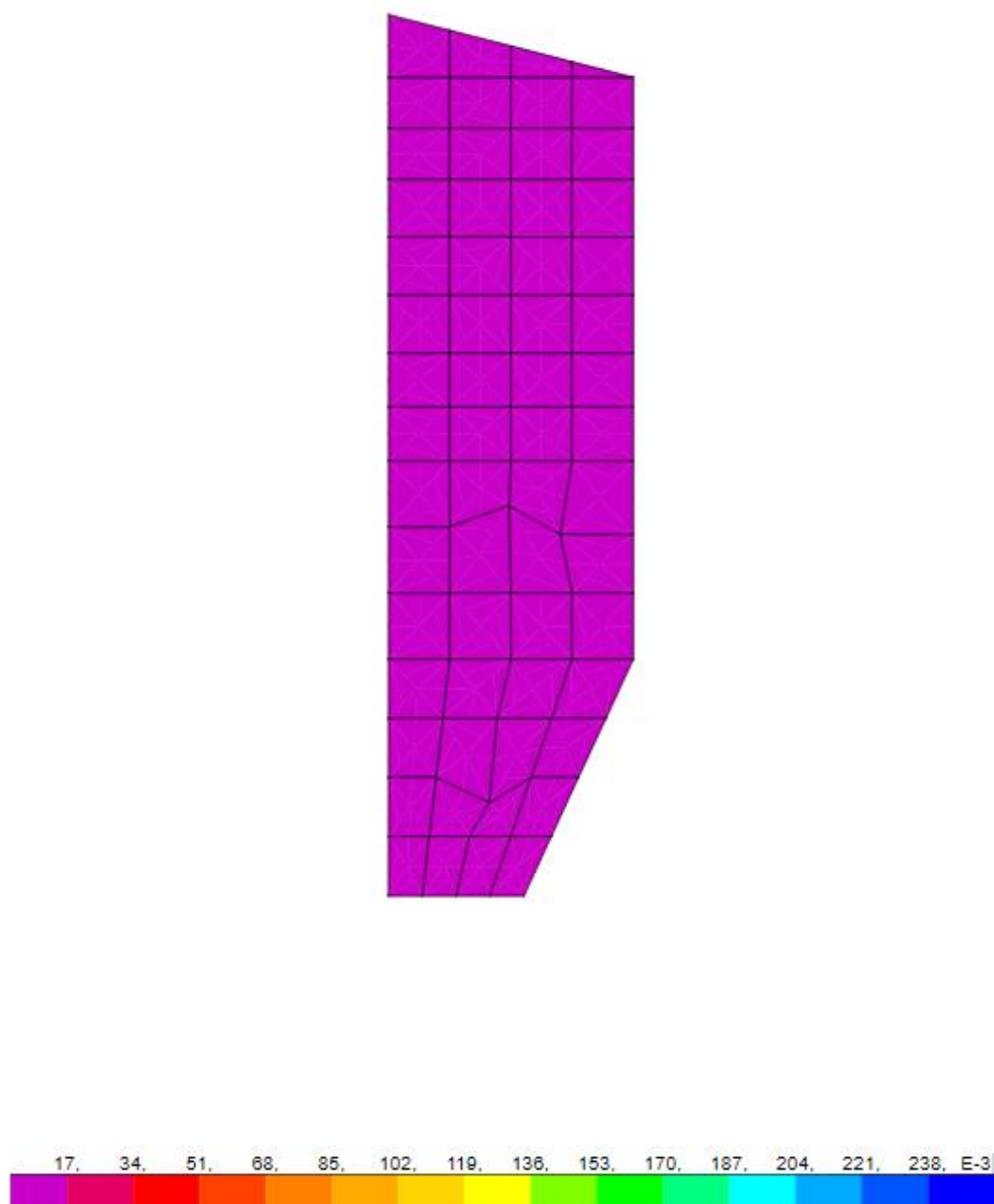
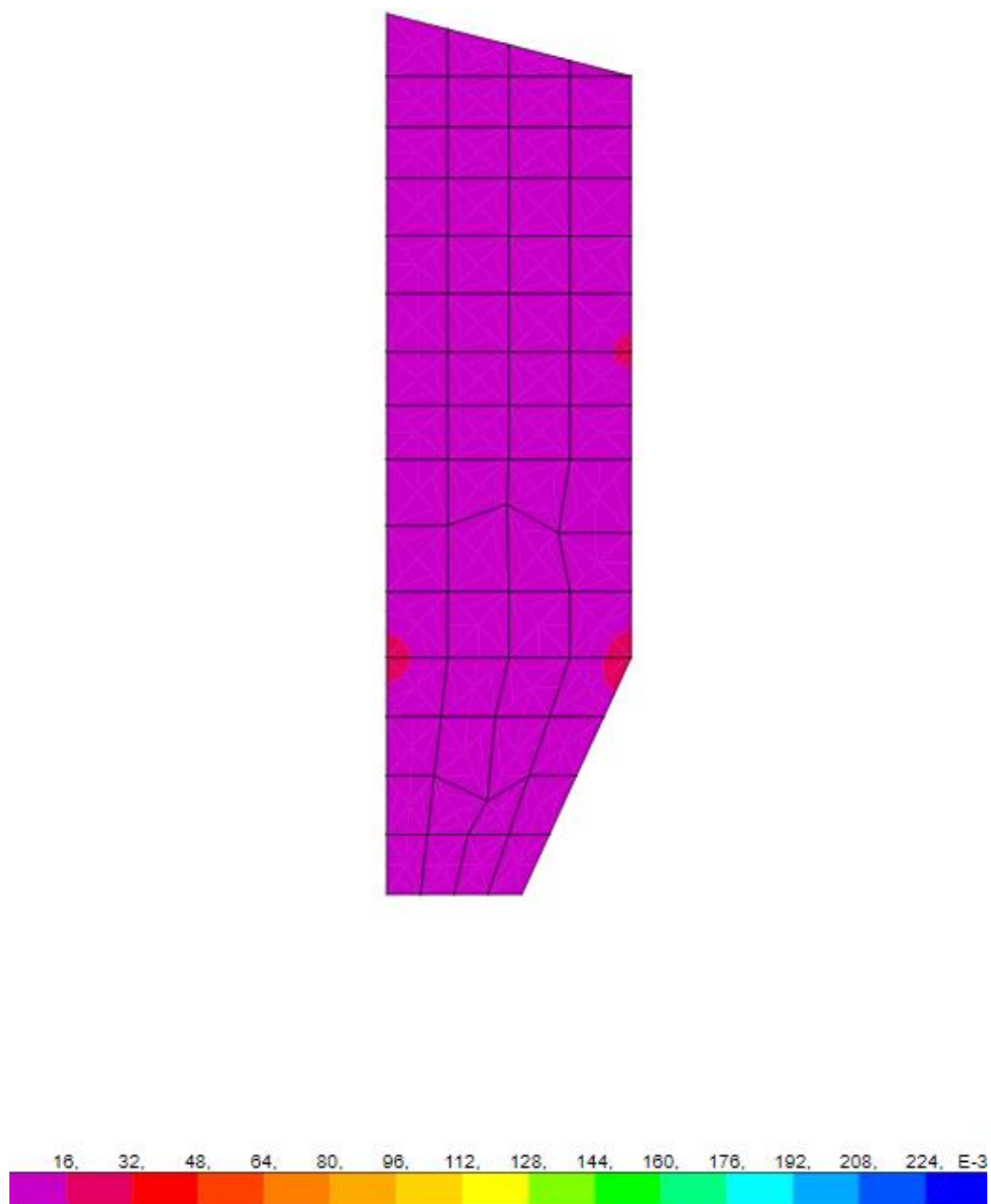


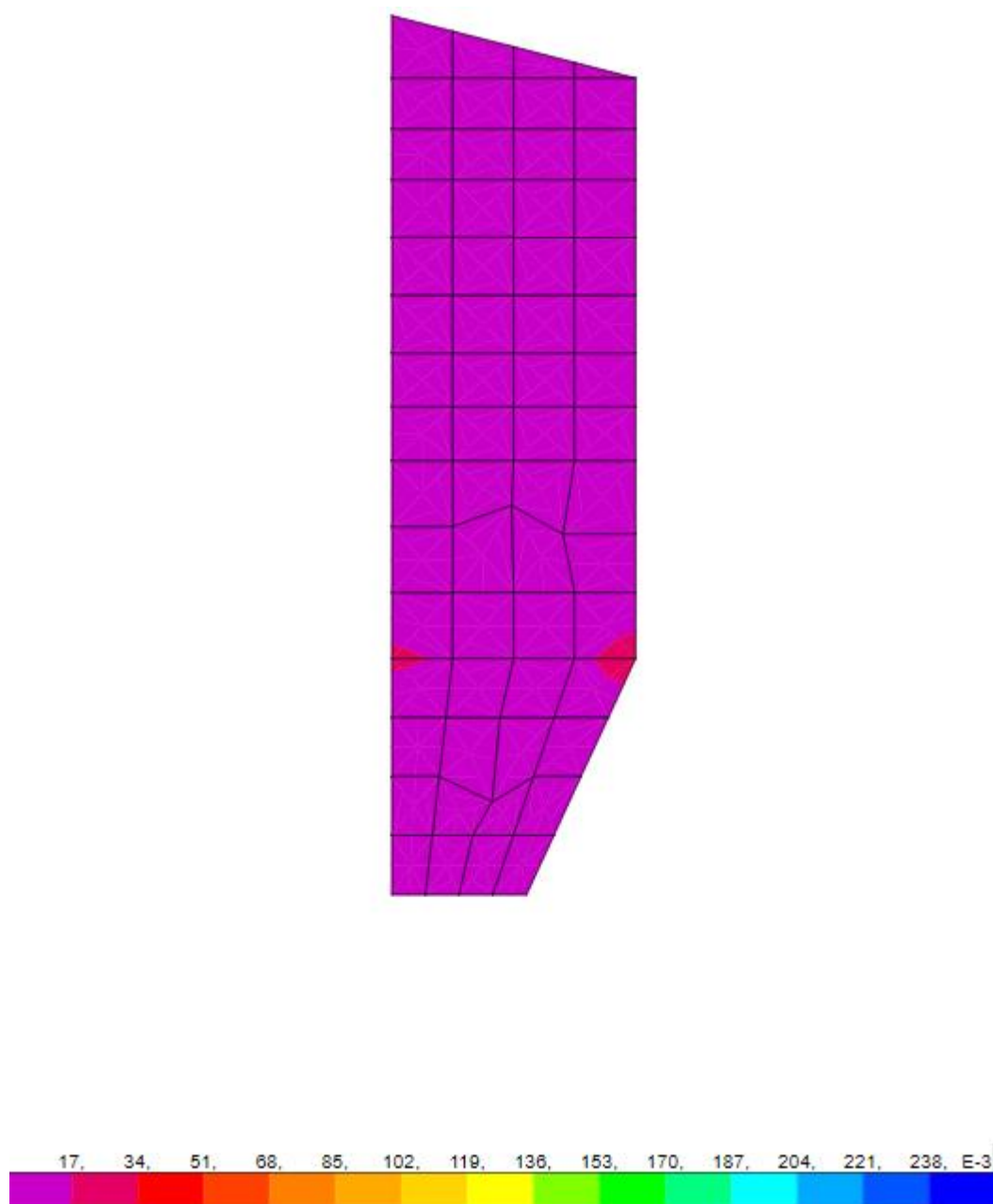
Figura 12.1 - Armadura inferior da cobertura na direcção X



**Figura 12.2 - Armadura inferior da cobertura na direcção Y**



**Figura 12.3 - Armadura superior da cobertura na direcção X**



**Figura 12.4 - Armadura superior da cobertura na direcção Y**

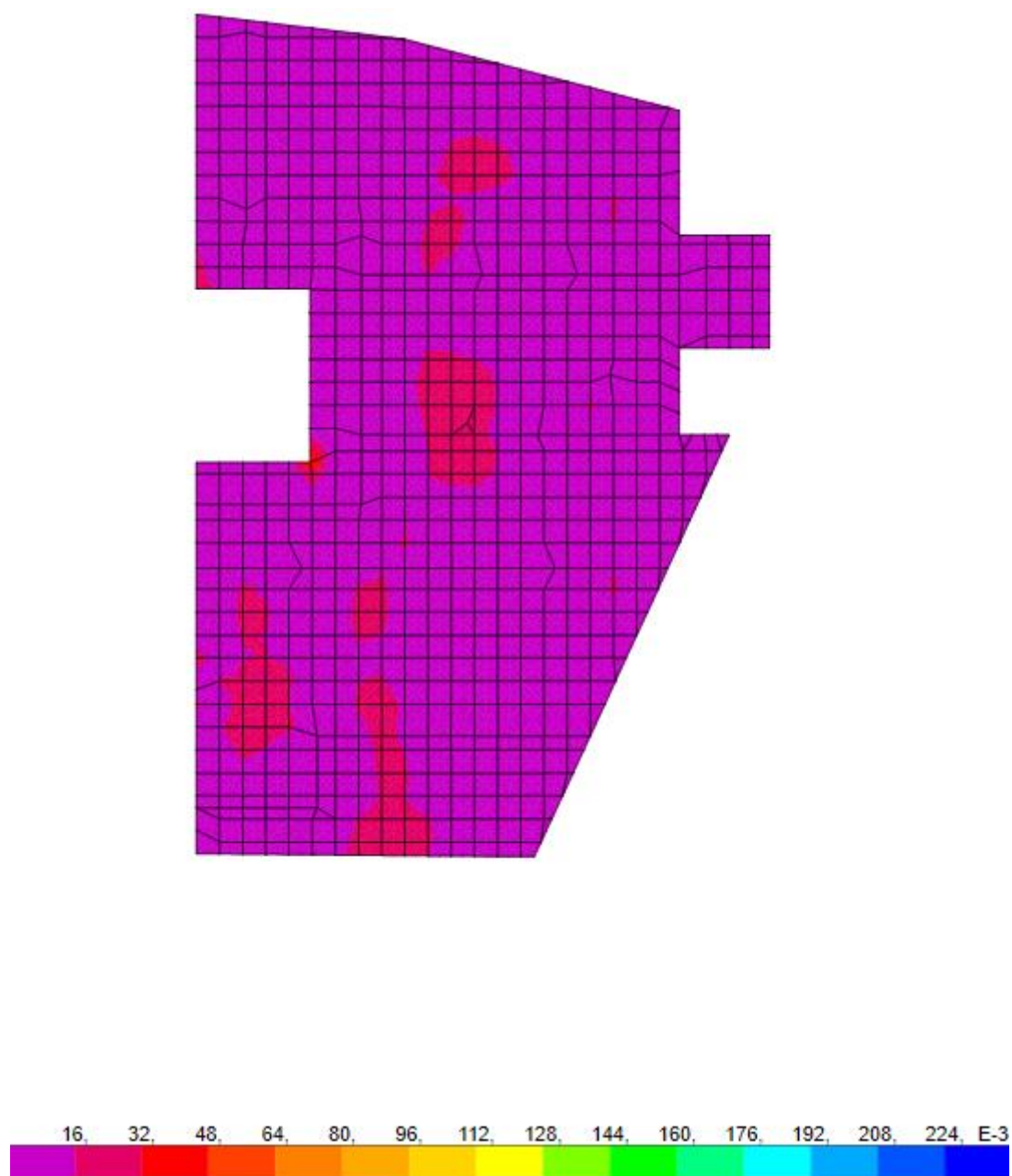
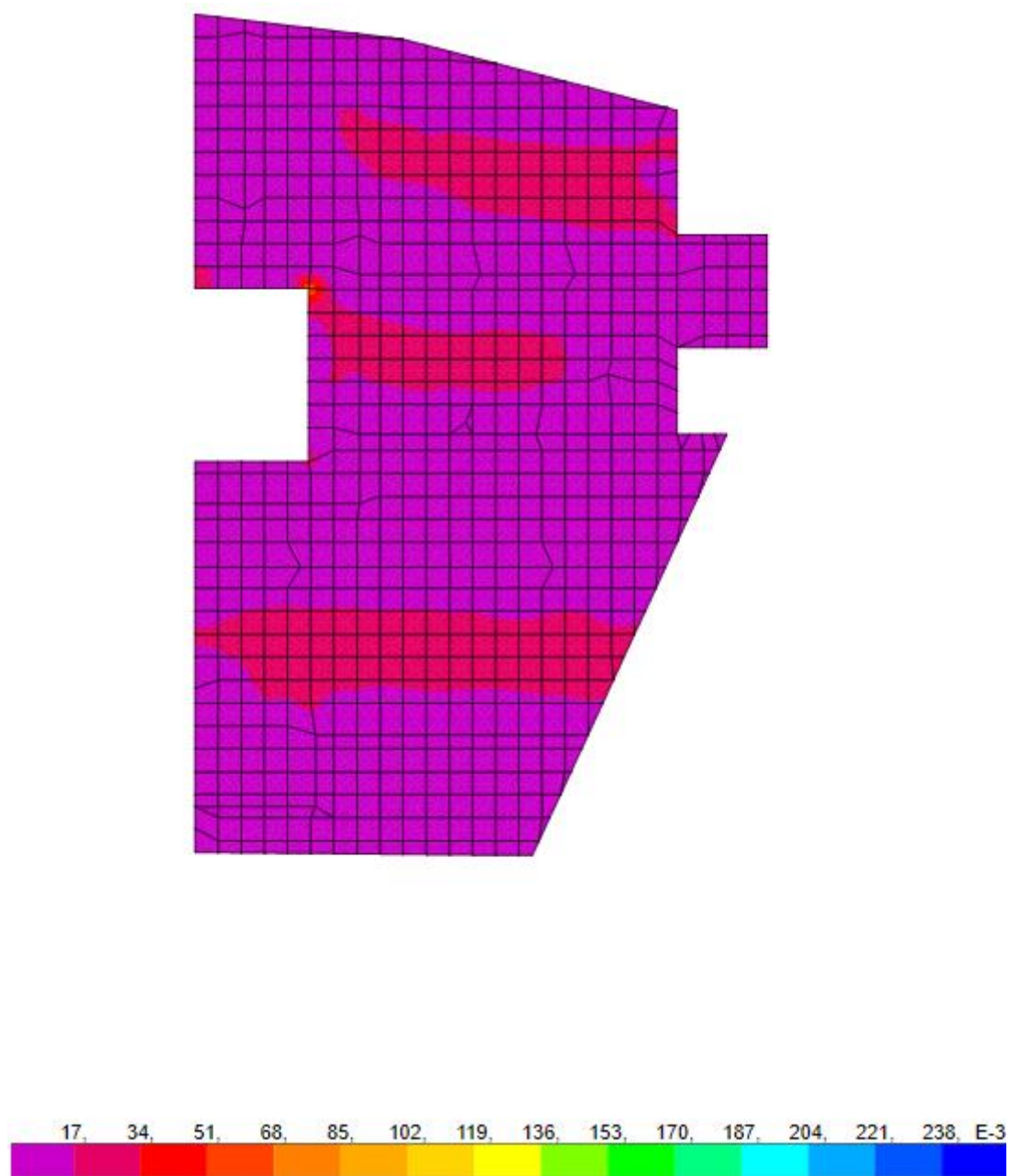


Figura 12.5 - Armadura inferior do piso 4 na direcção X





**Figura 12.6 - Armadura inferior do piso 4 na direcção Y**

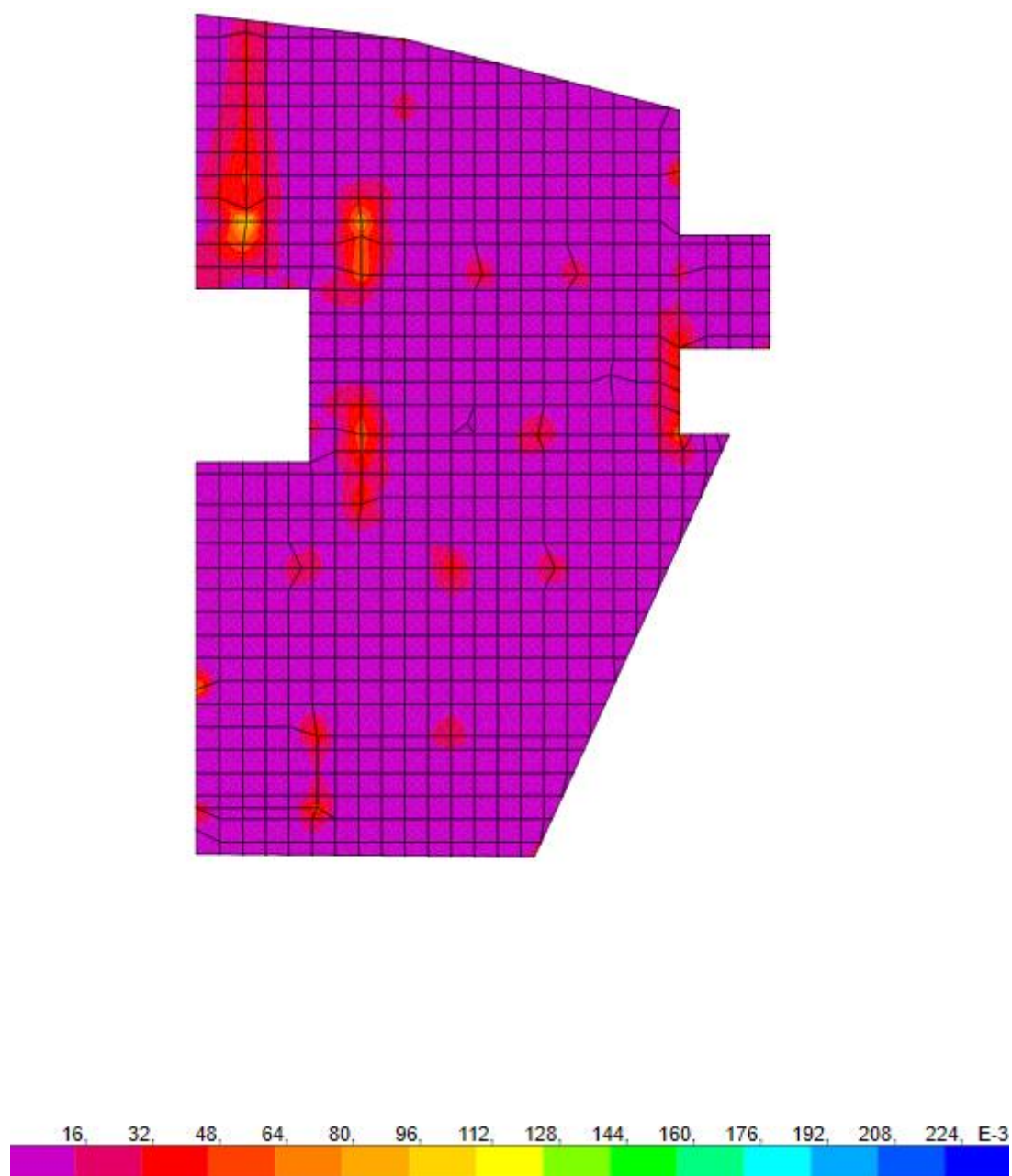
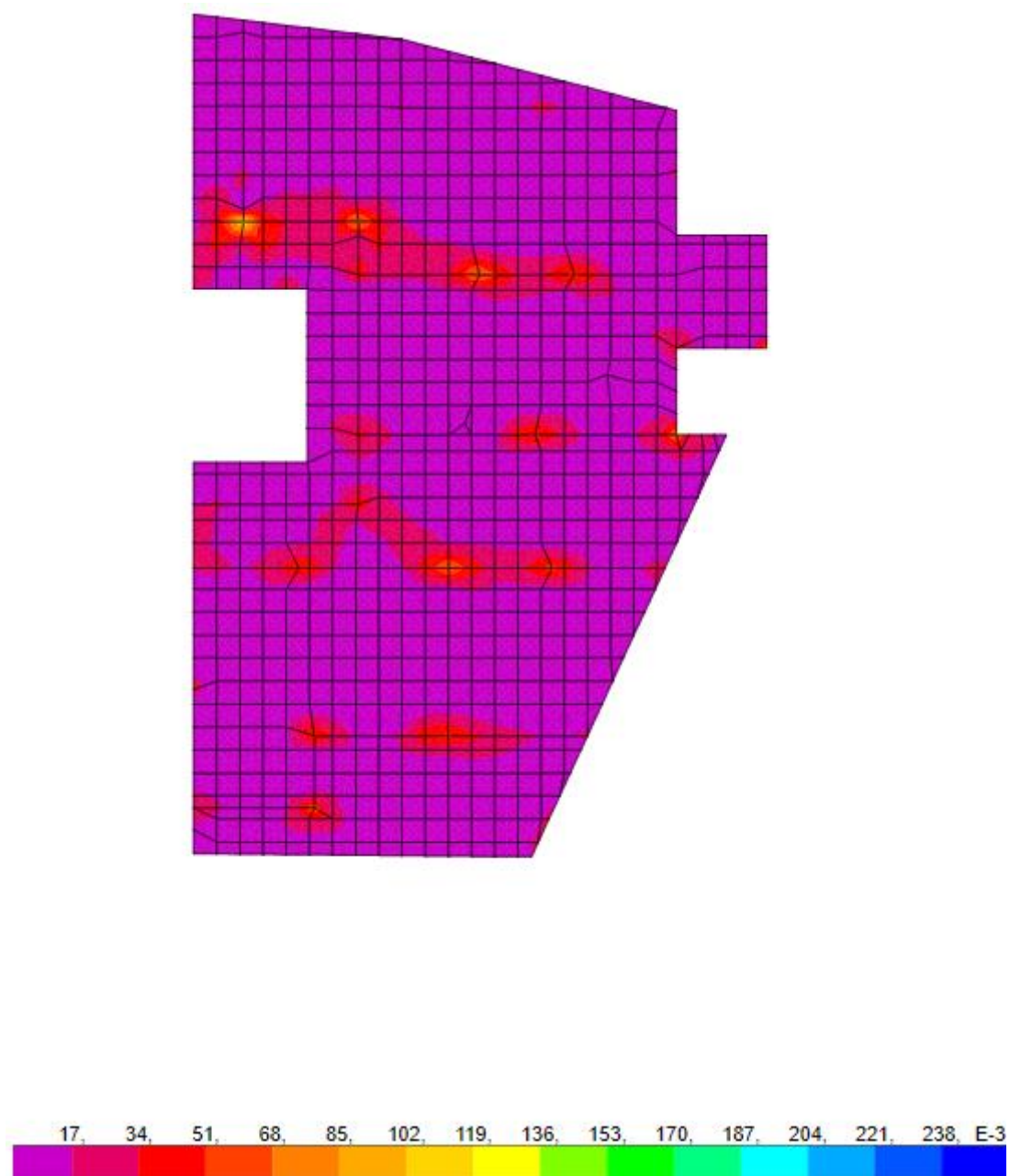


Figura 12.7 - Armadura superior do piso 4 na direcção X



**Figura 12.8 - Armadura superior do piso 4 na direcção Y**

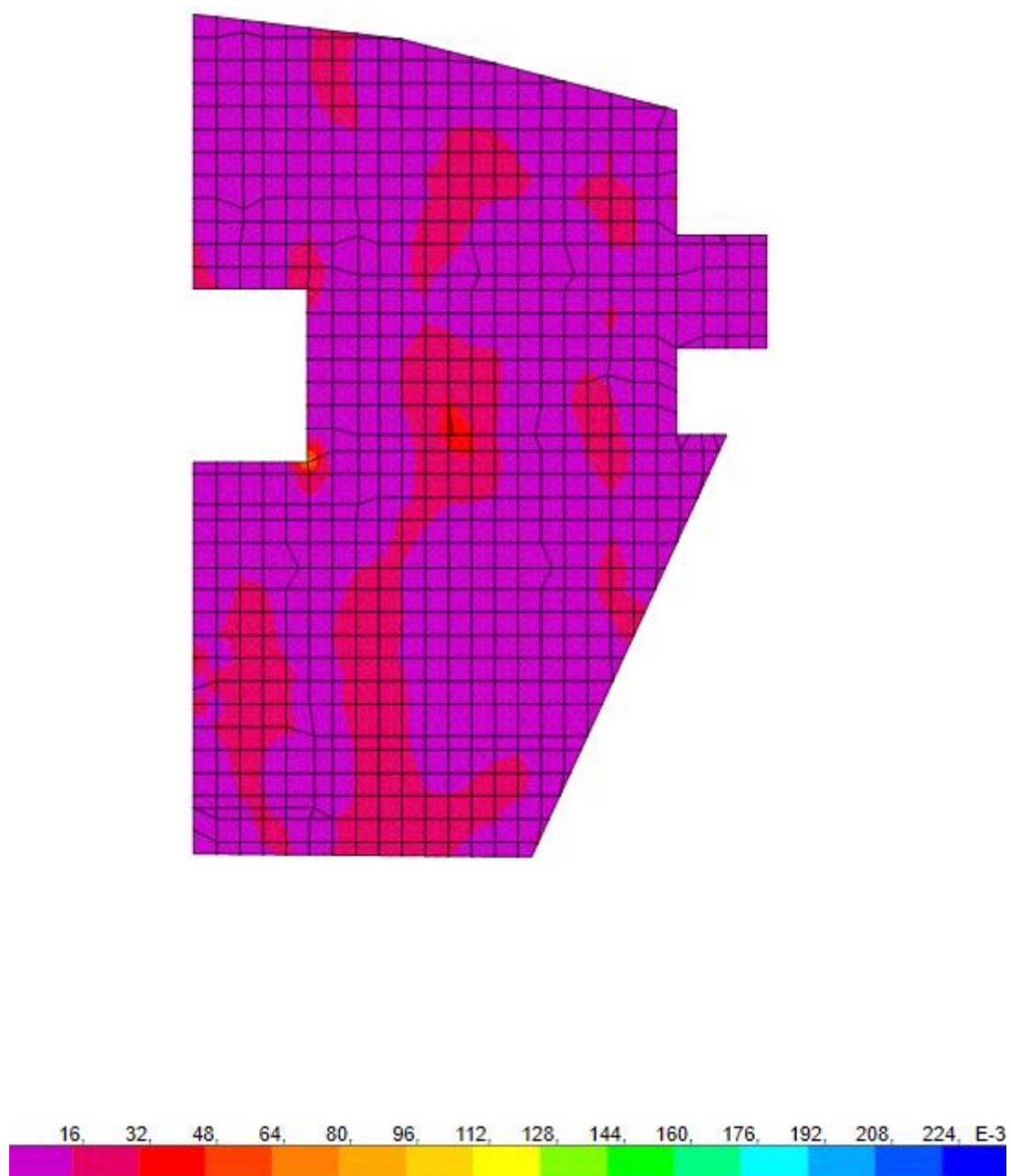


Figura 12.9 - Armadura inferior do piso 3 na direcção X

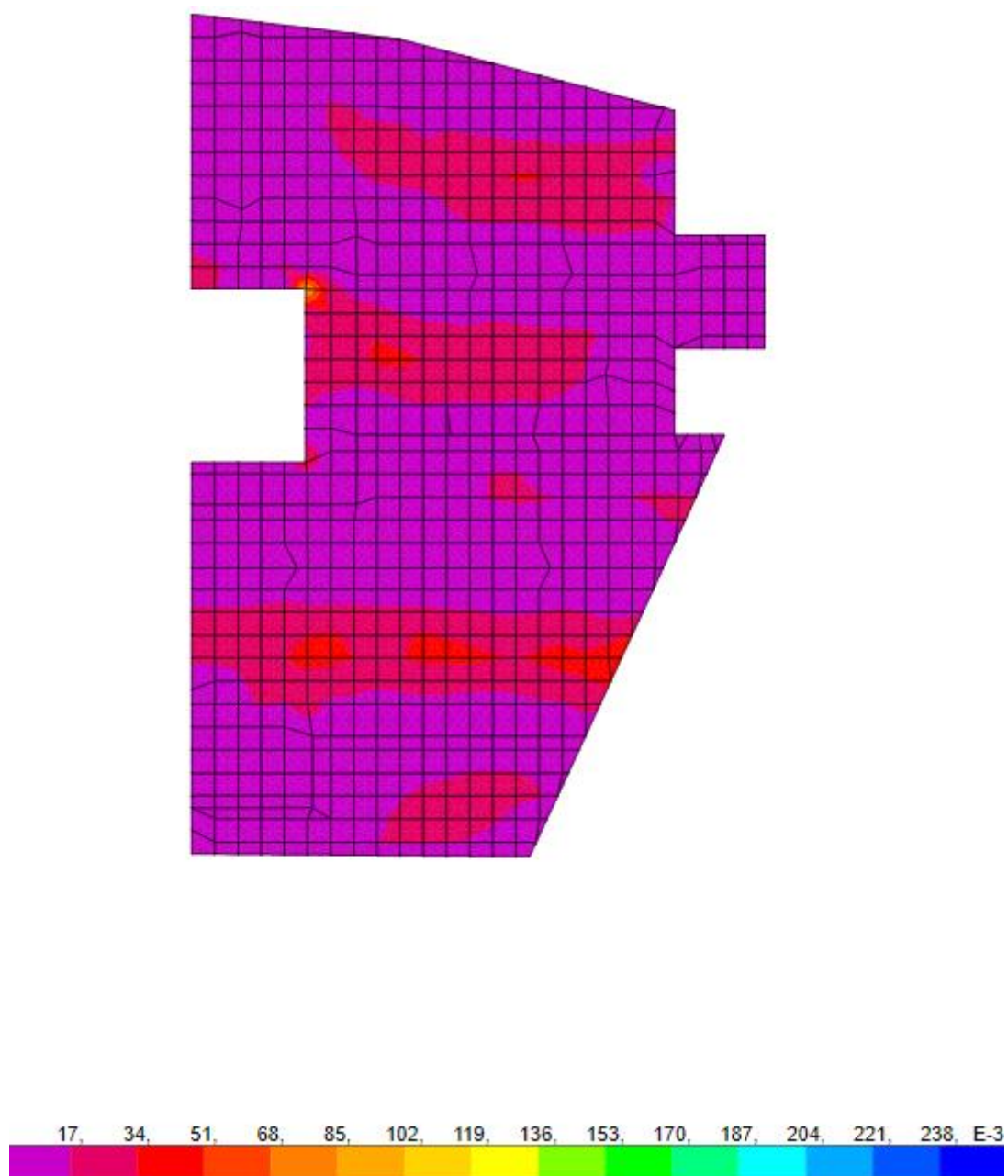


Figura 12.10 - Armadura inferior do piso 3 na direcção Y



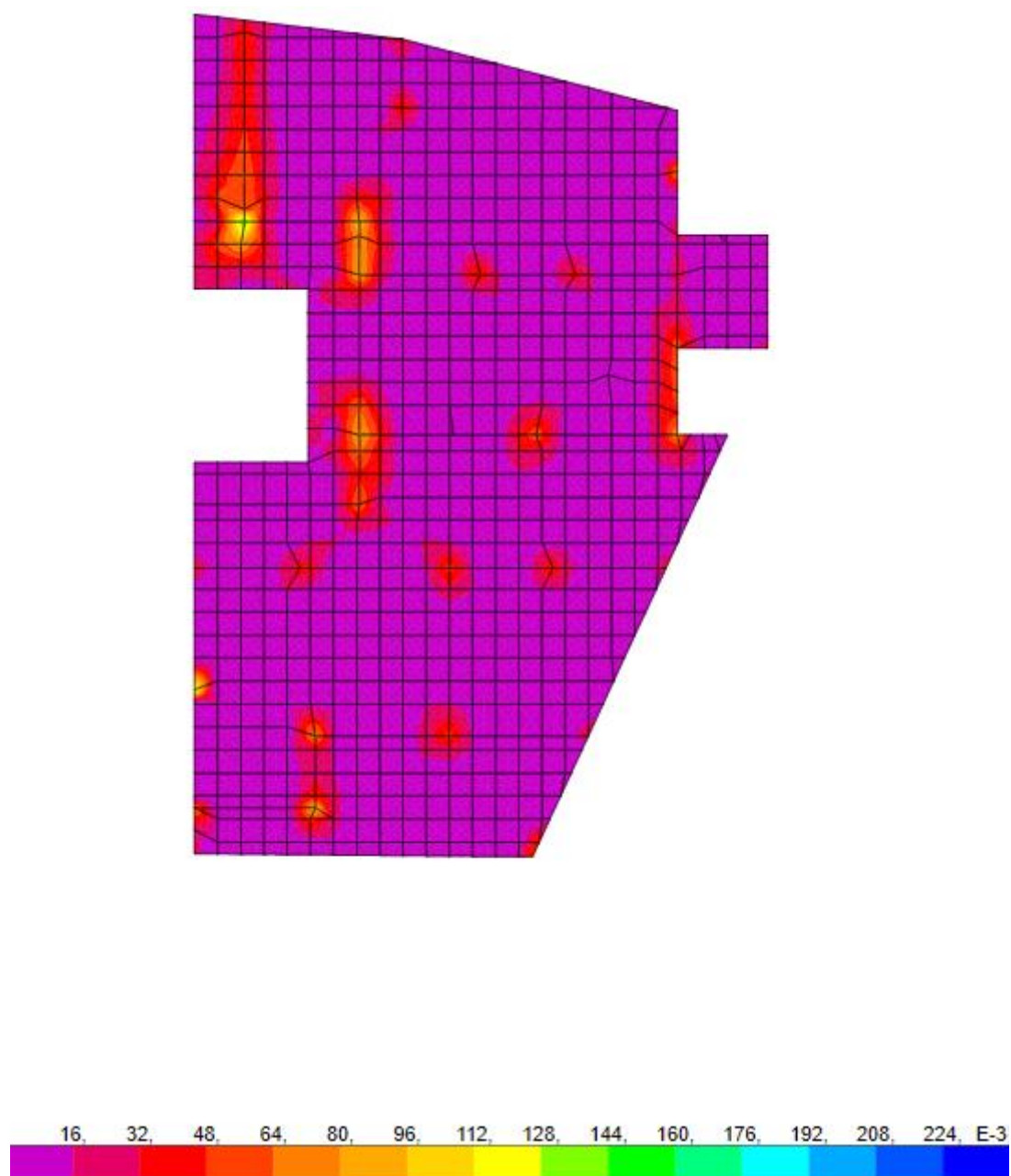


Figura 12.11 - Armadura superior do piso 3 na direcção X

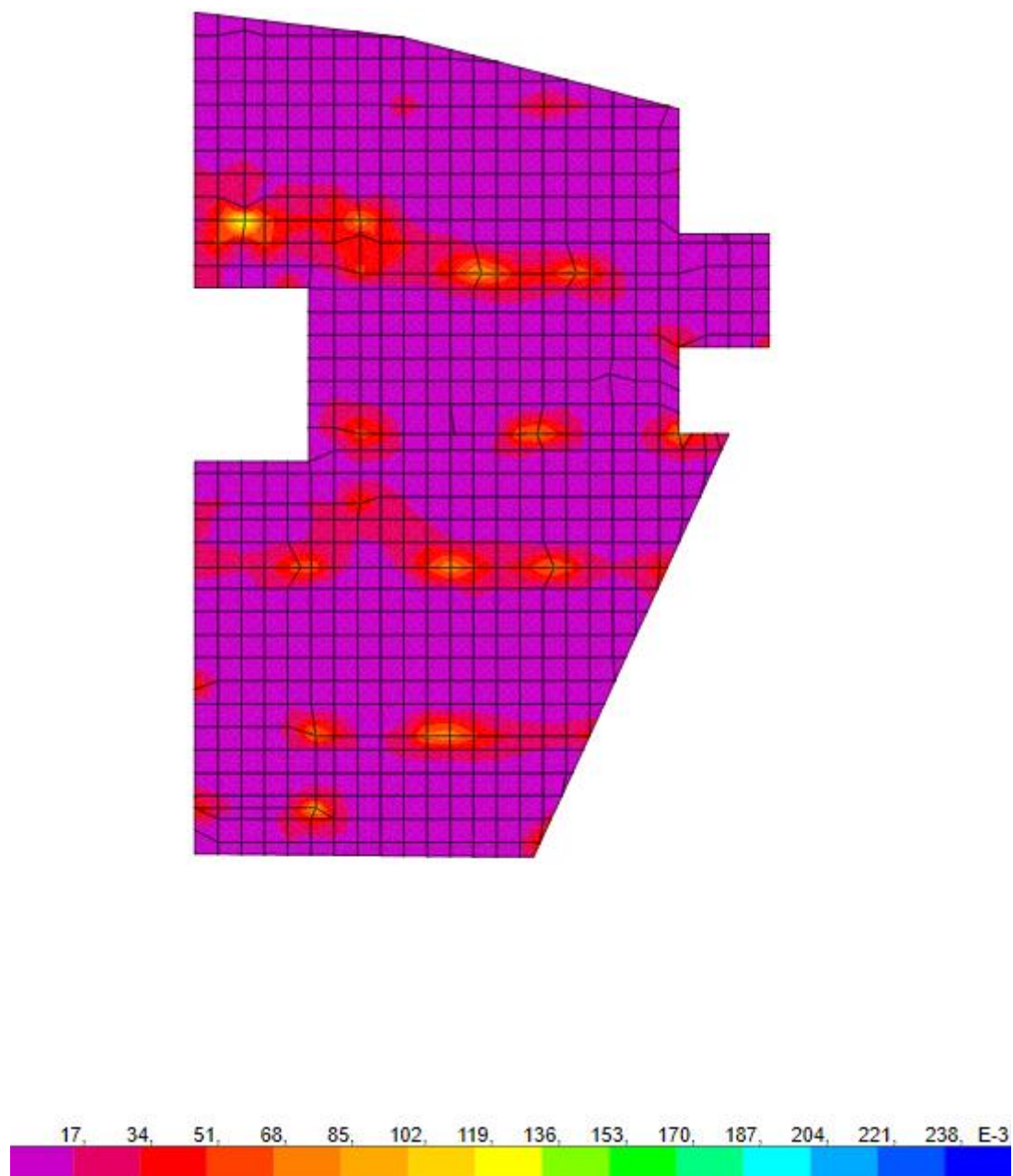


Figura 12.12 - Armadura superior do piso 3 na direcção Y

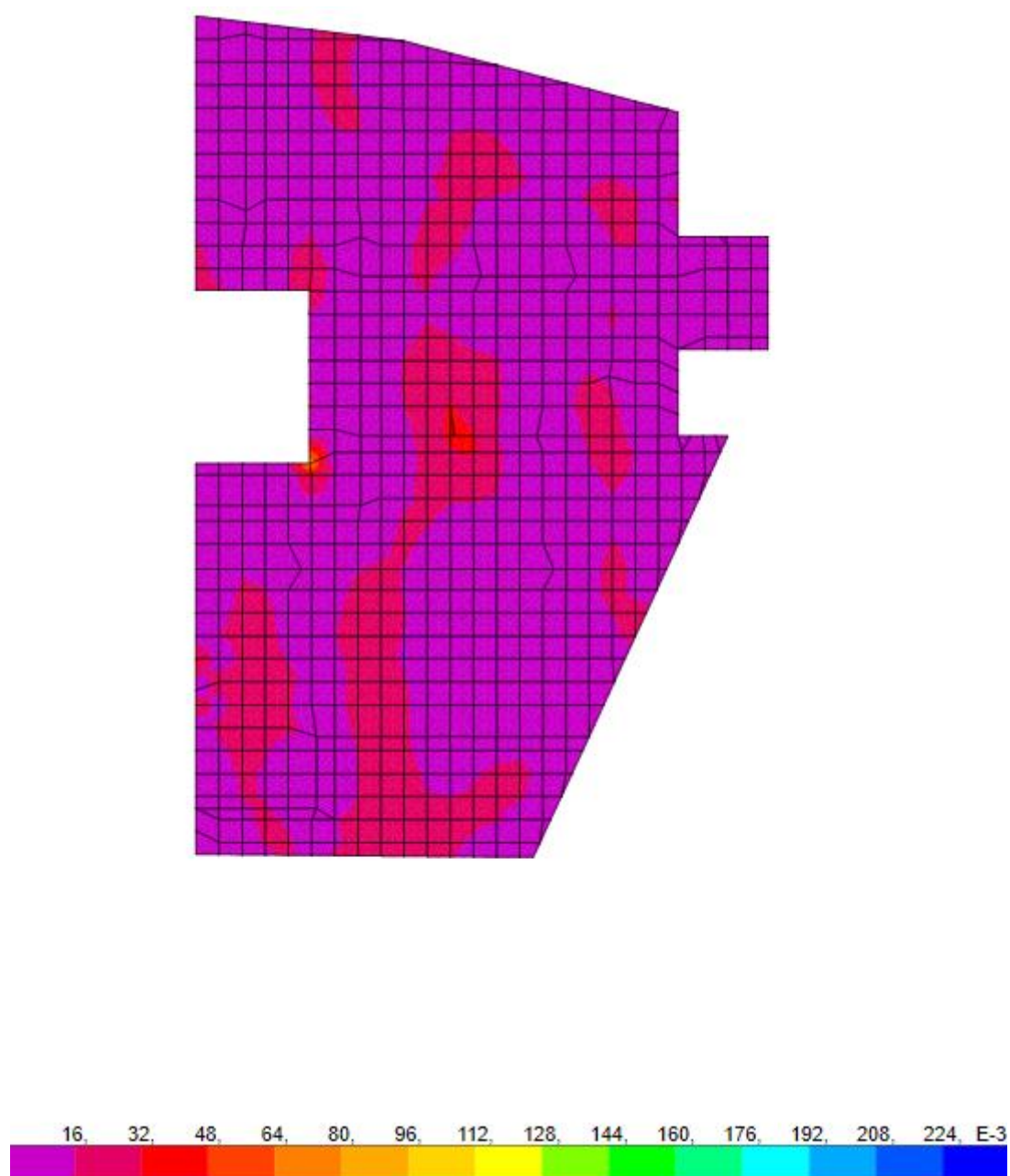


Figura 12.13 - Armadura inferior do piso 2 na direcção X



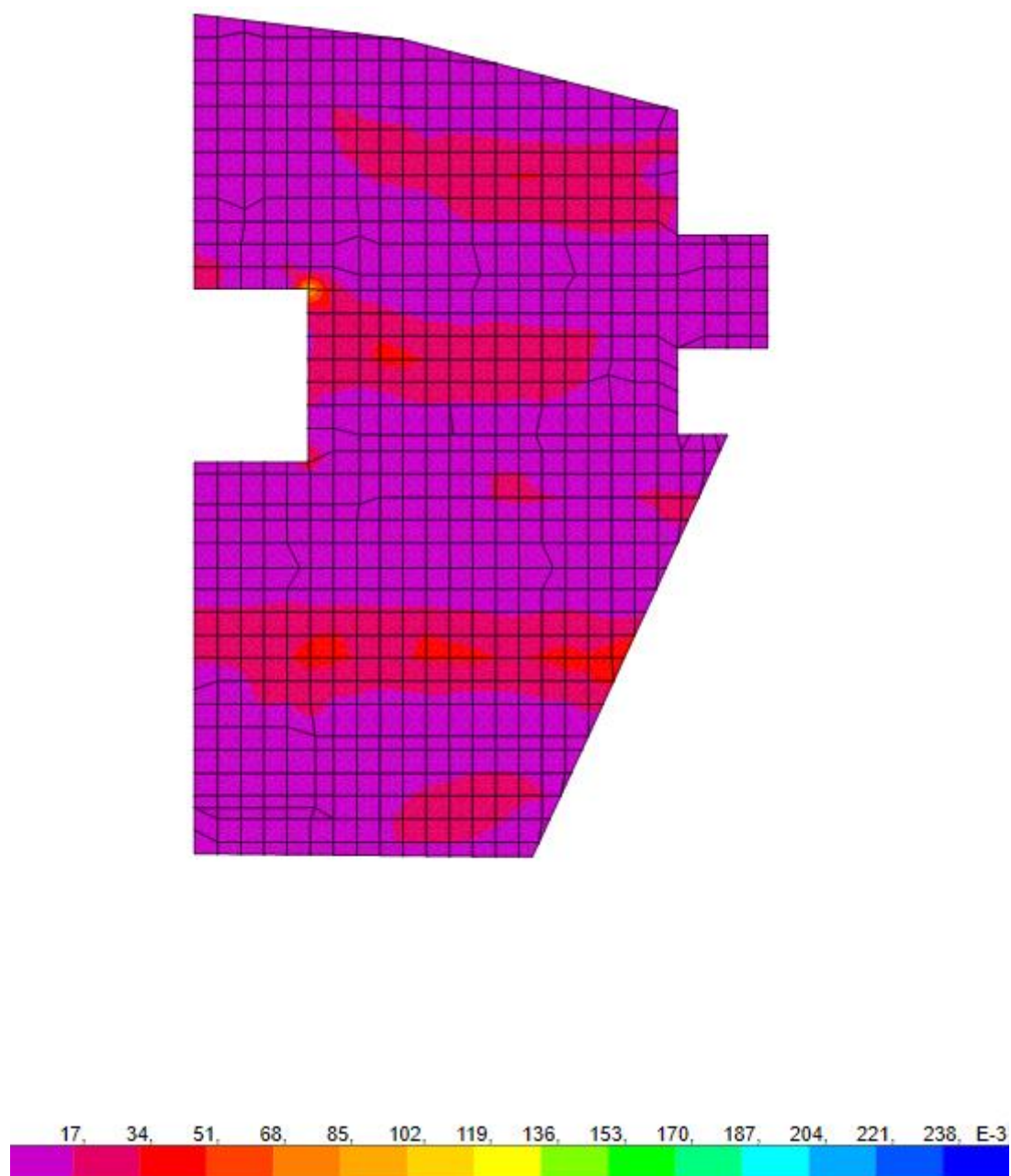


Figura 12.14 - Armadura inferior do piso 2 na direcção Y

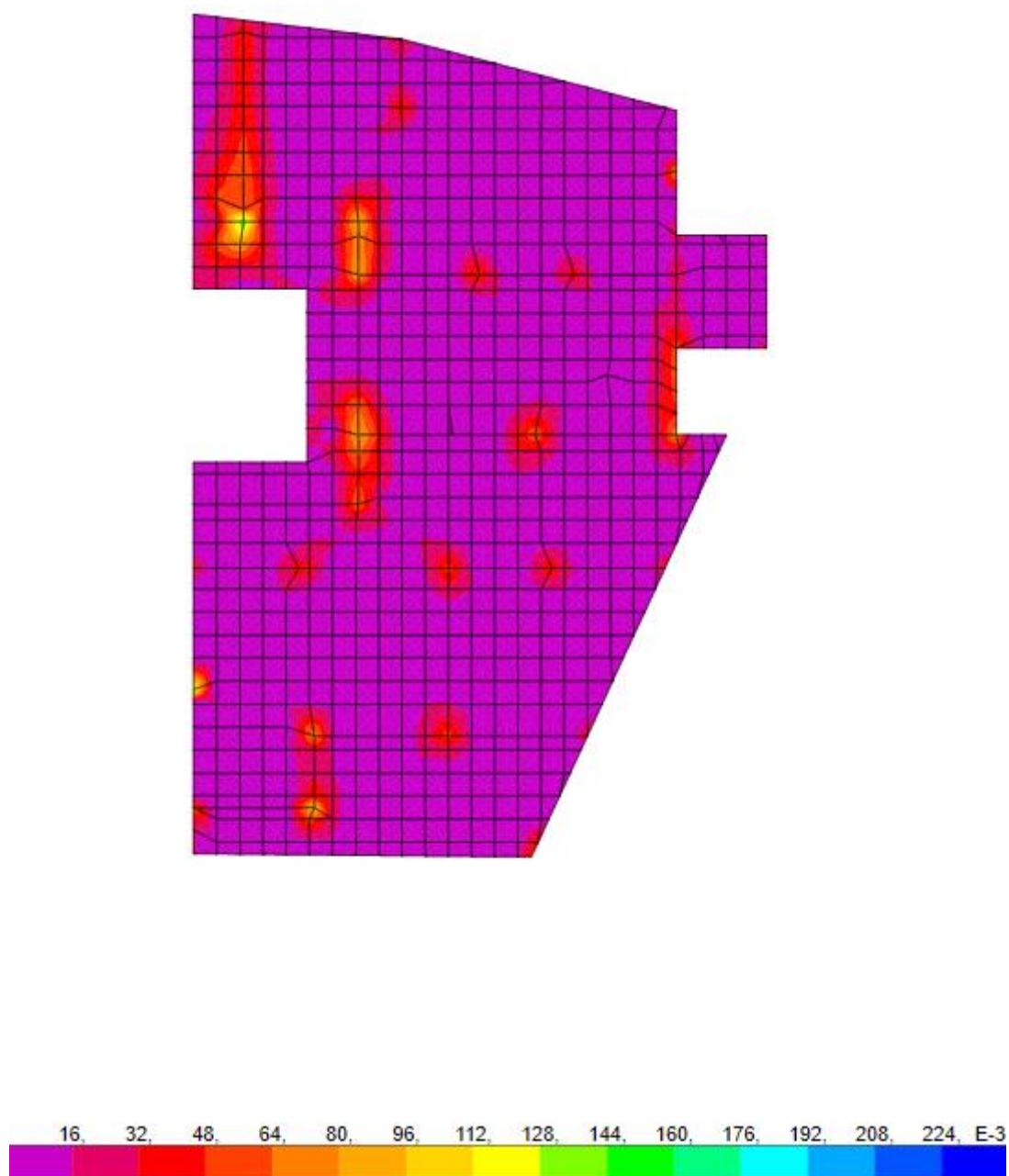


Figura 12.15 - Armadura superior do piso 2 na direcção X

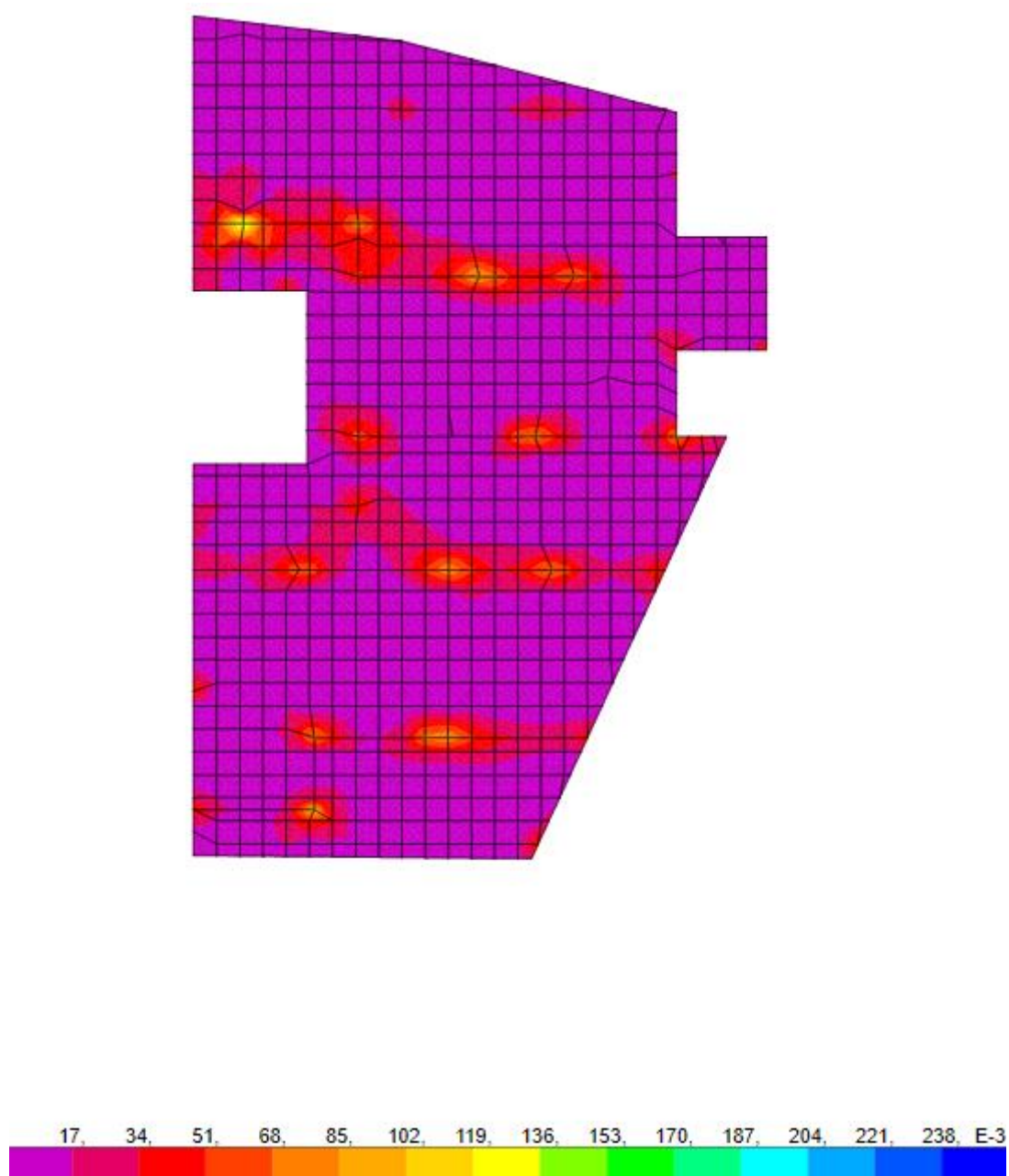


Figura 12.16 - Armadura superior do piso 2 na direcção Y

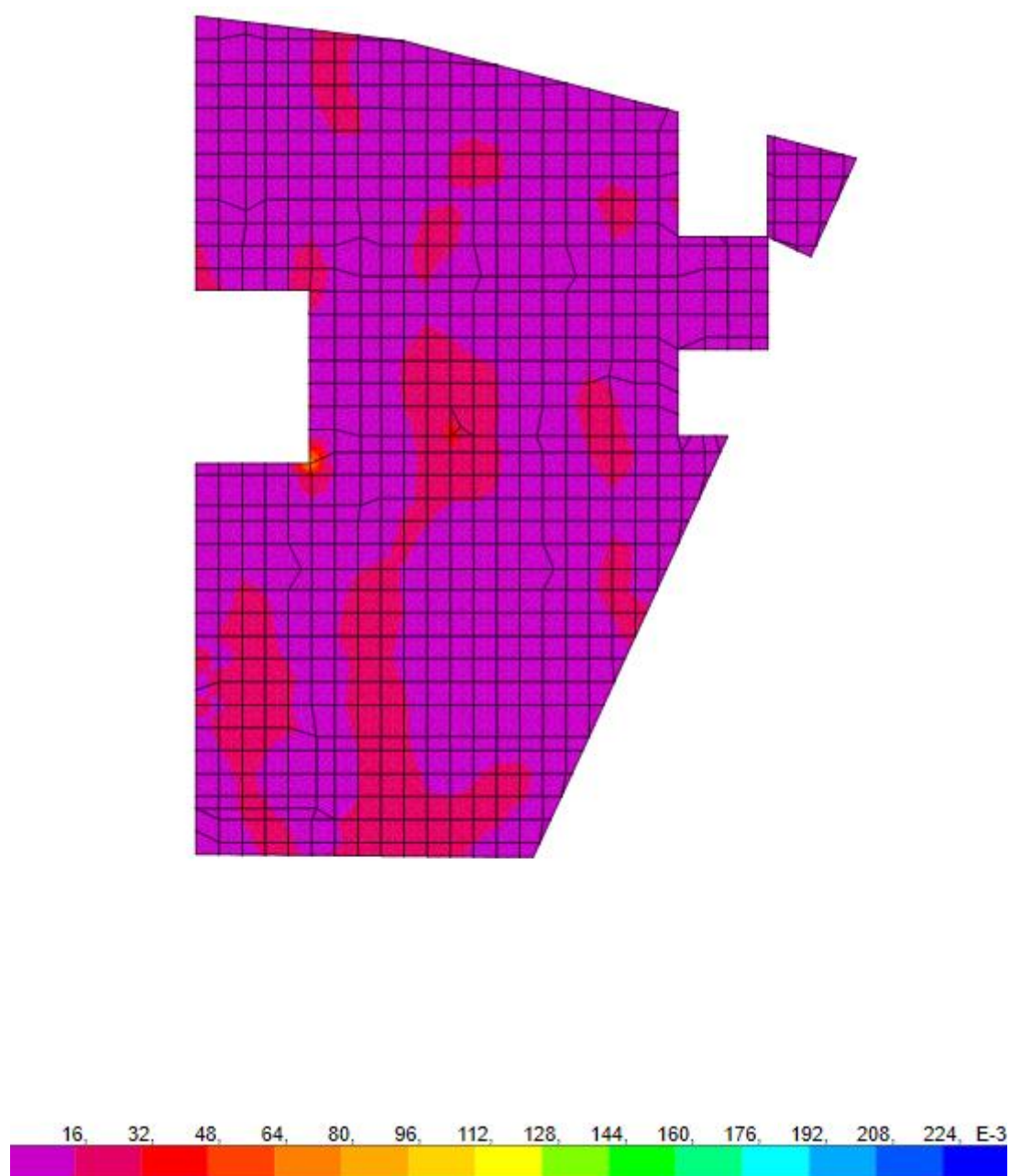
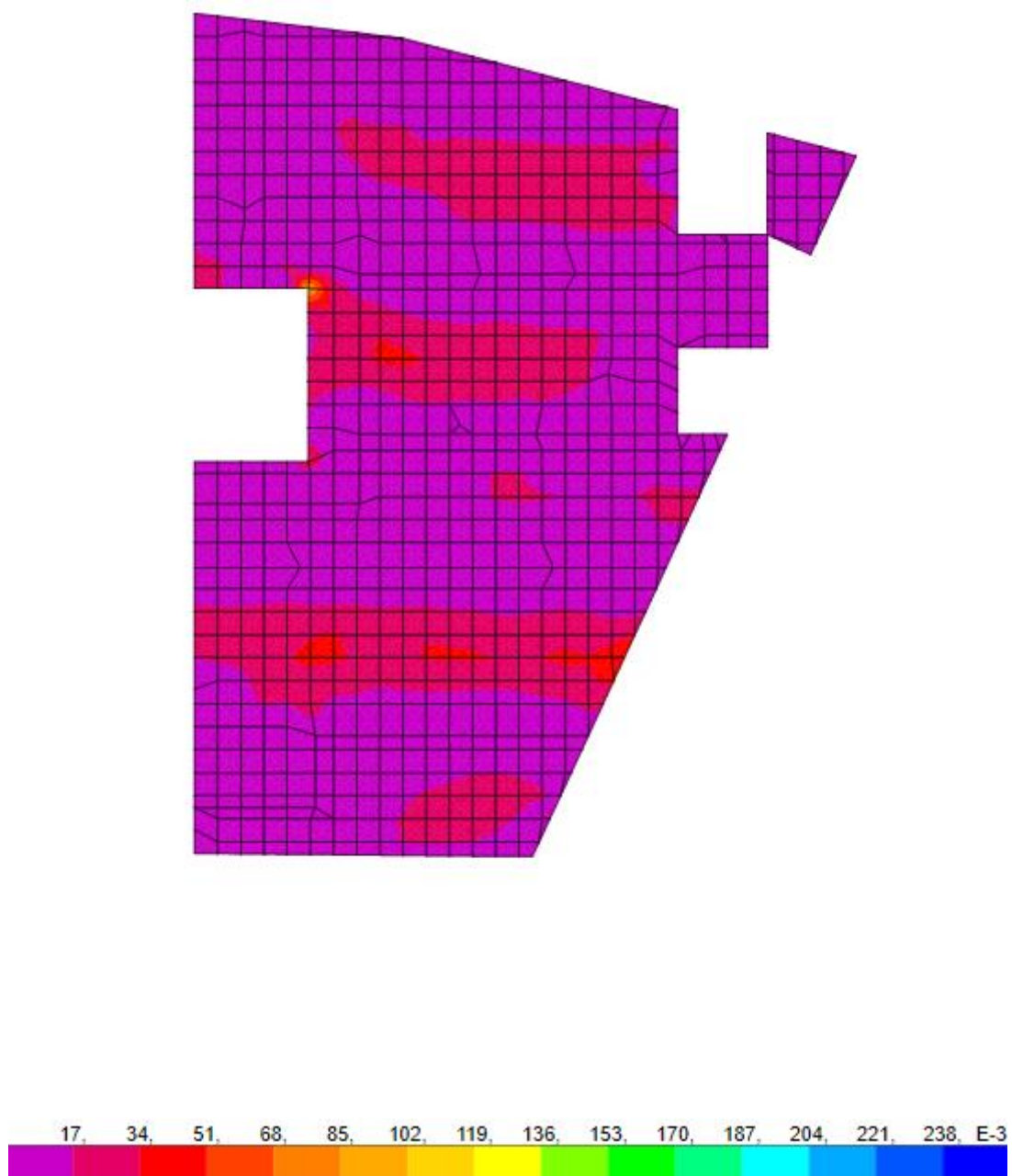


Figura 12.17 - Armadura inferior do piso 1 na direcção X



**Figura 12.18 - Armadura inferior do piso 1 na direcção Y**



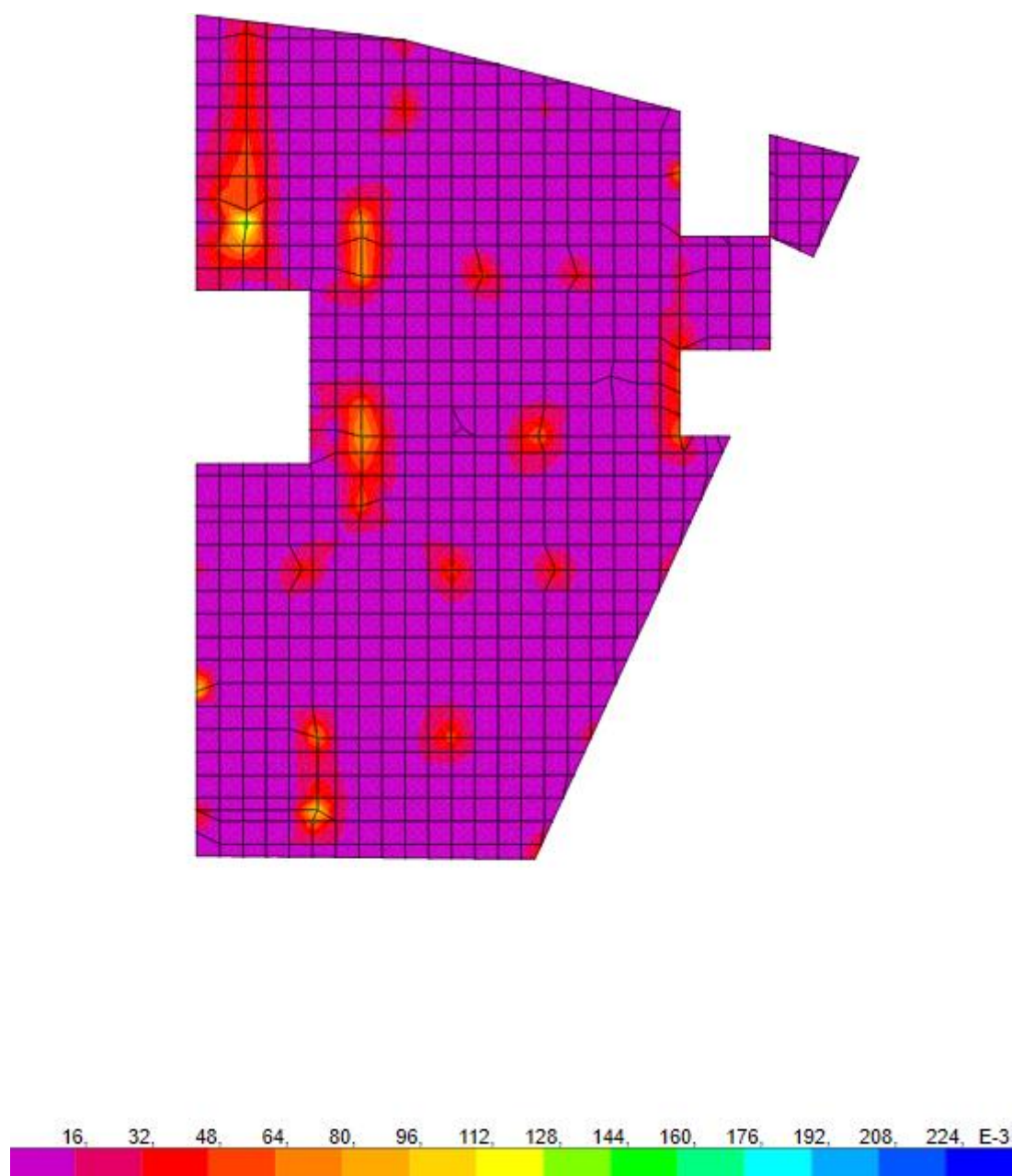


Figura 12.19 - Armadura superior do piso 1 na direcção X

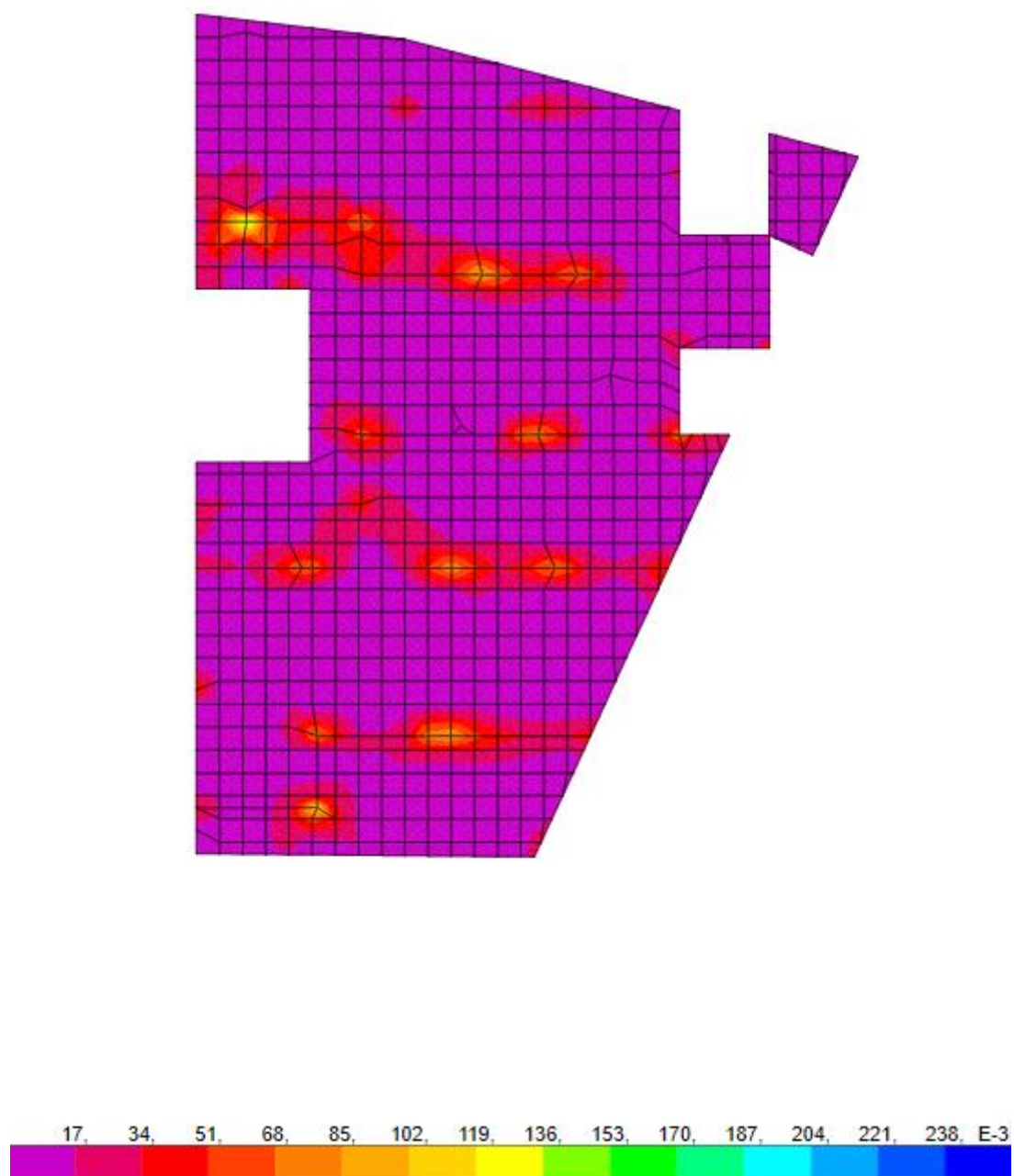


Figura 12.20 - Armadura superior do piso 1 na direcção Y

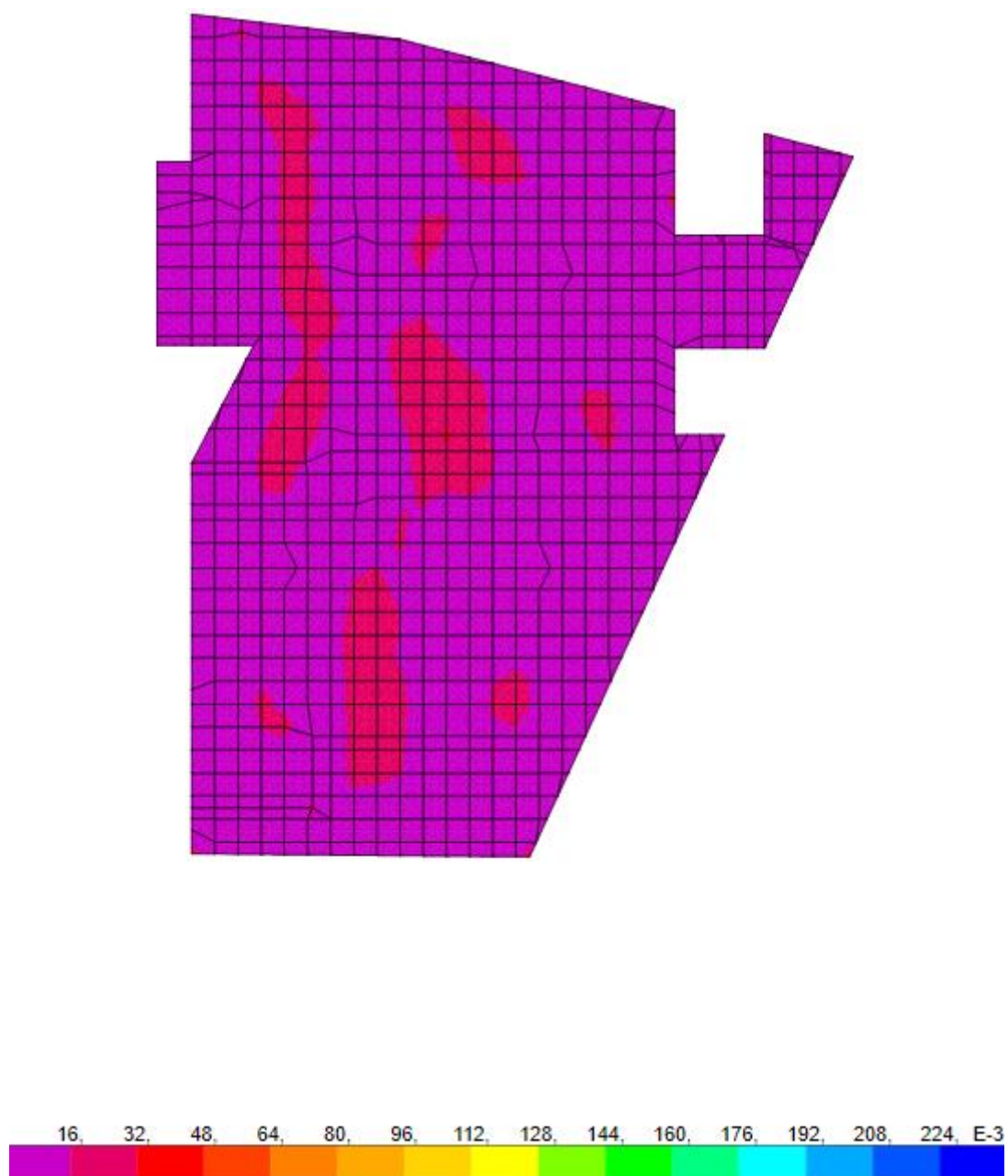


Figura 12.21 - Armadura inferior do piso 0 na direcção X



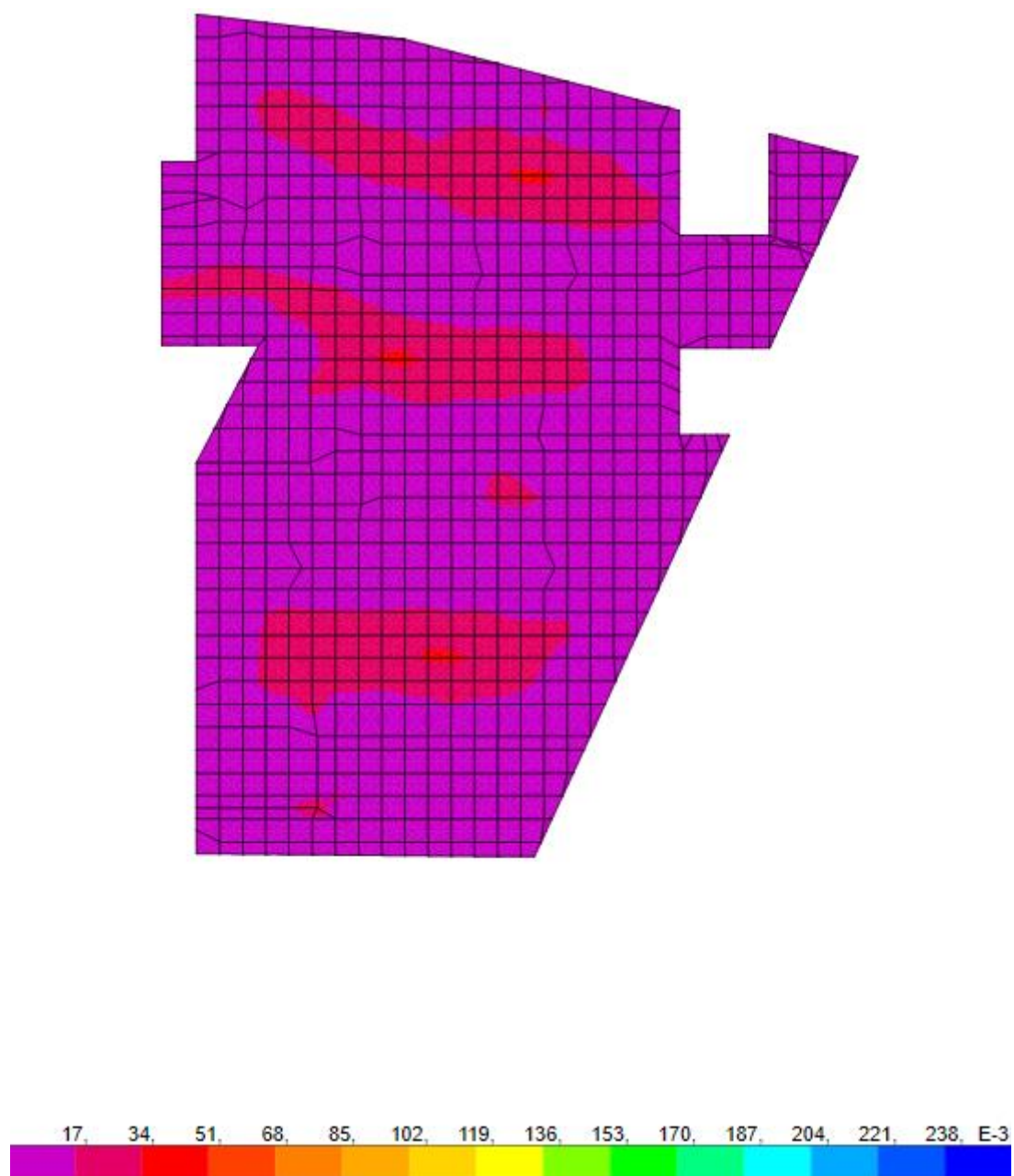


Figura 12.22 - Armadura inferior do piso 0 na direcção Y

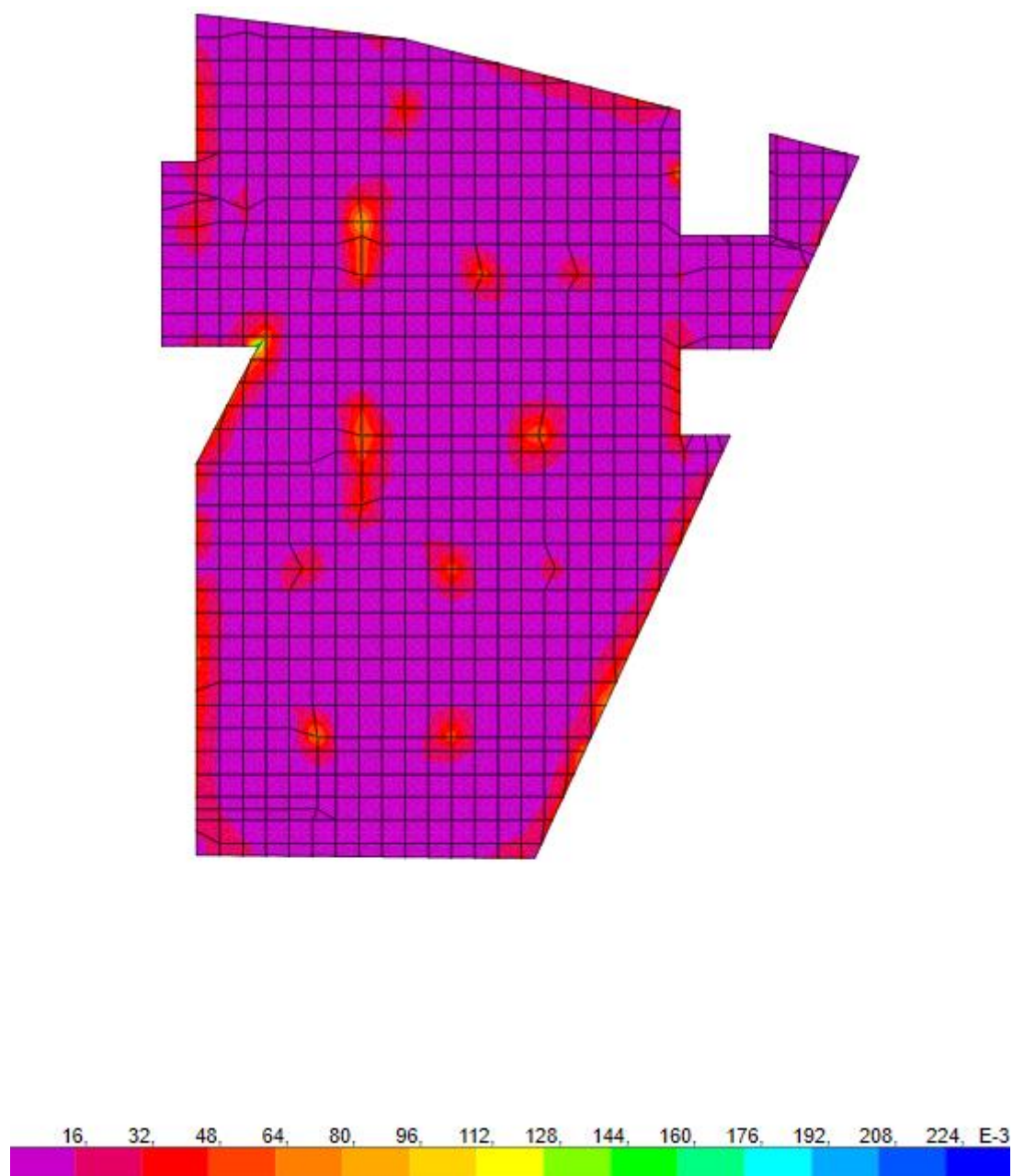
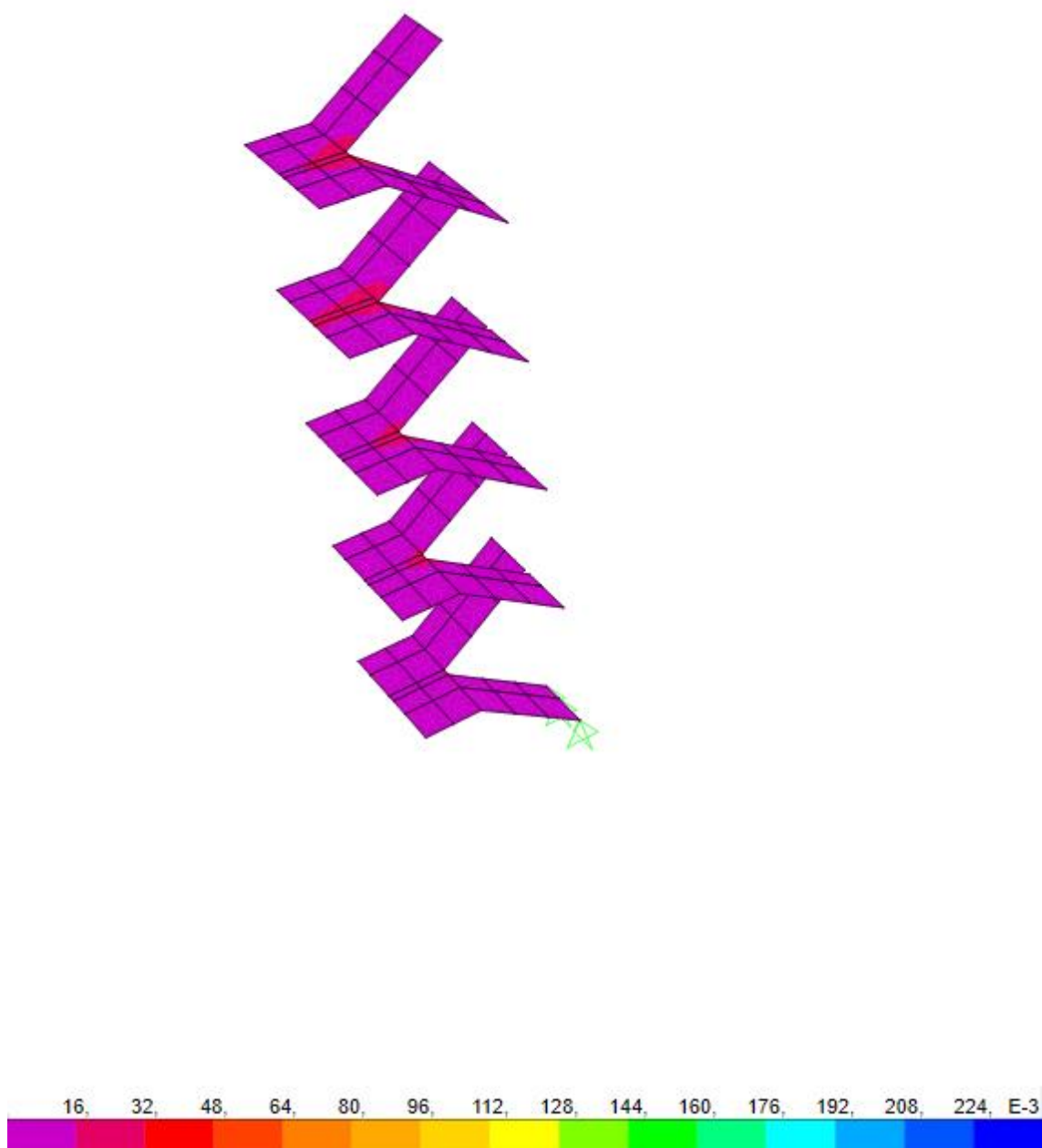


Figura 12.23 - Armadura superior do piso 0 na direcção X



Figura 12.24 - Armadura superior do piso 0 na direcção Y



**Figura 12.25 - Armadura inferior das escadas na direcção X**

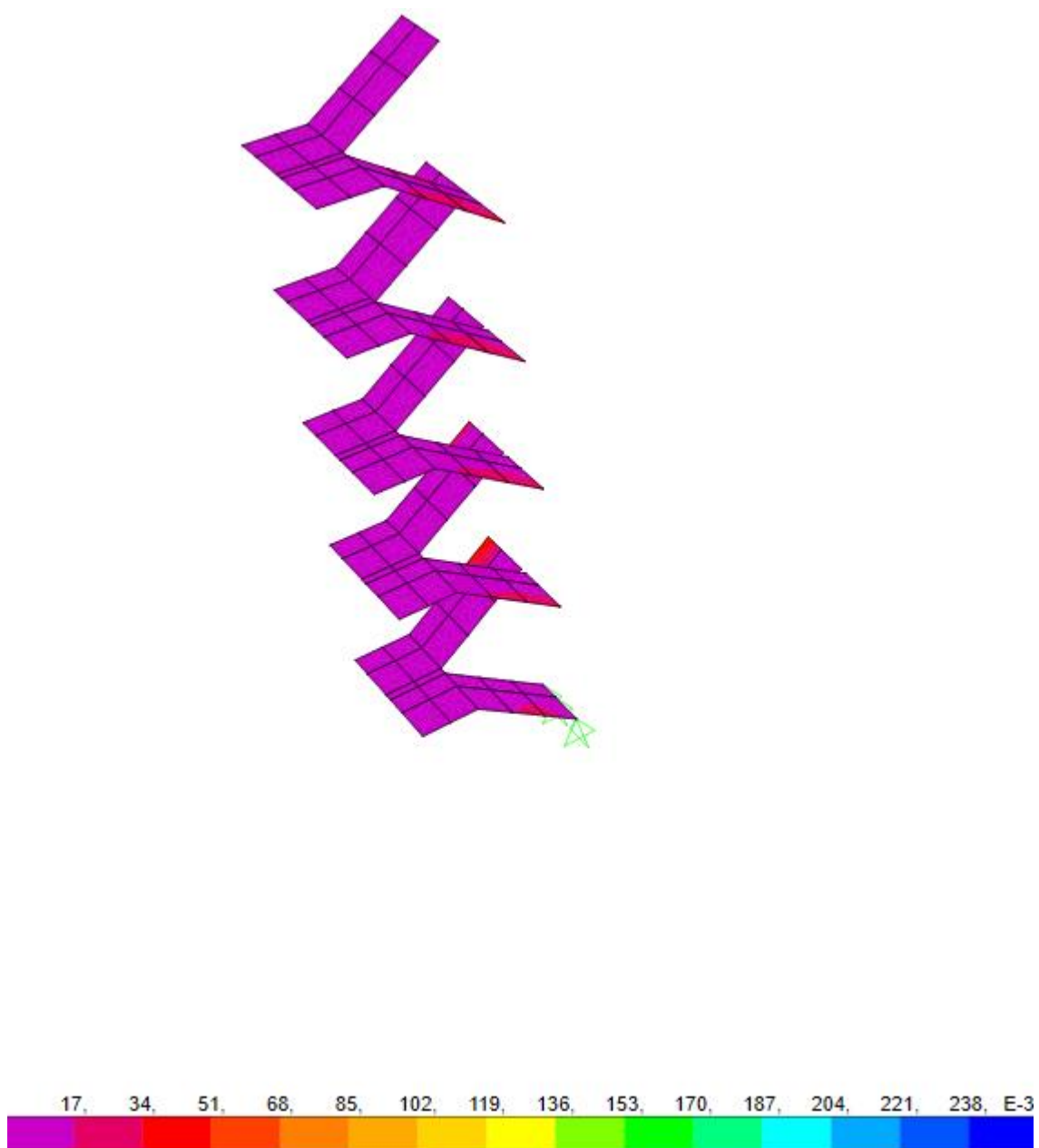
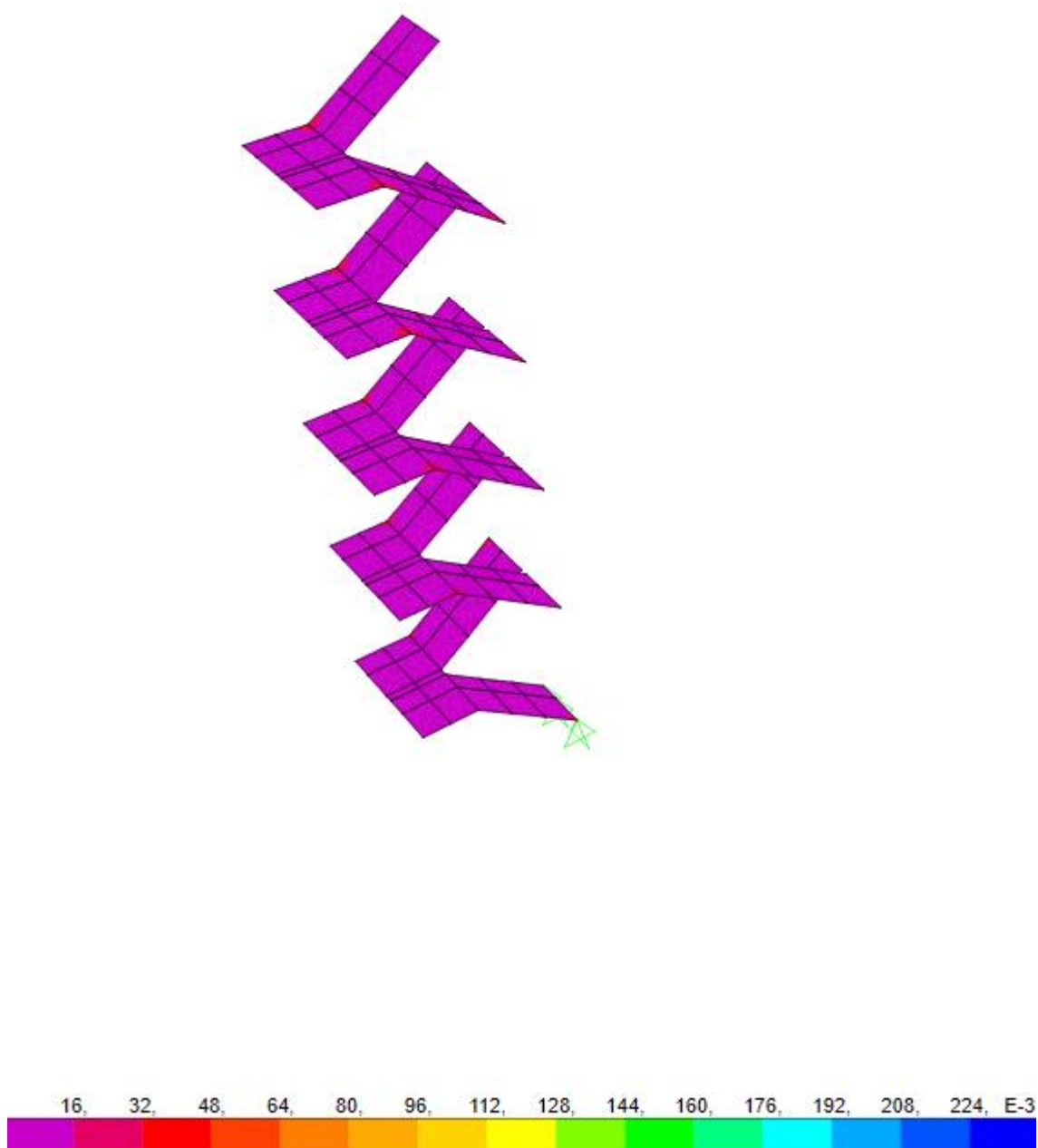
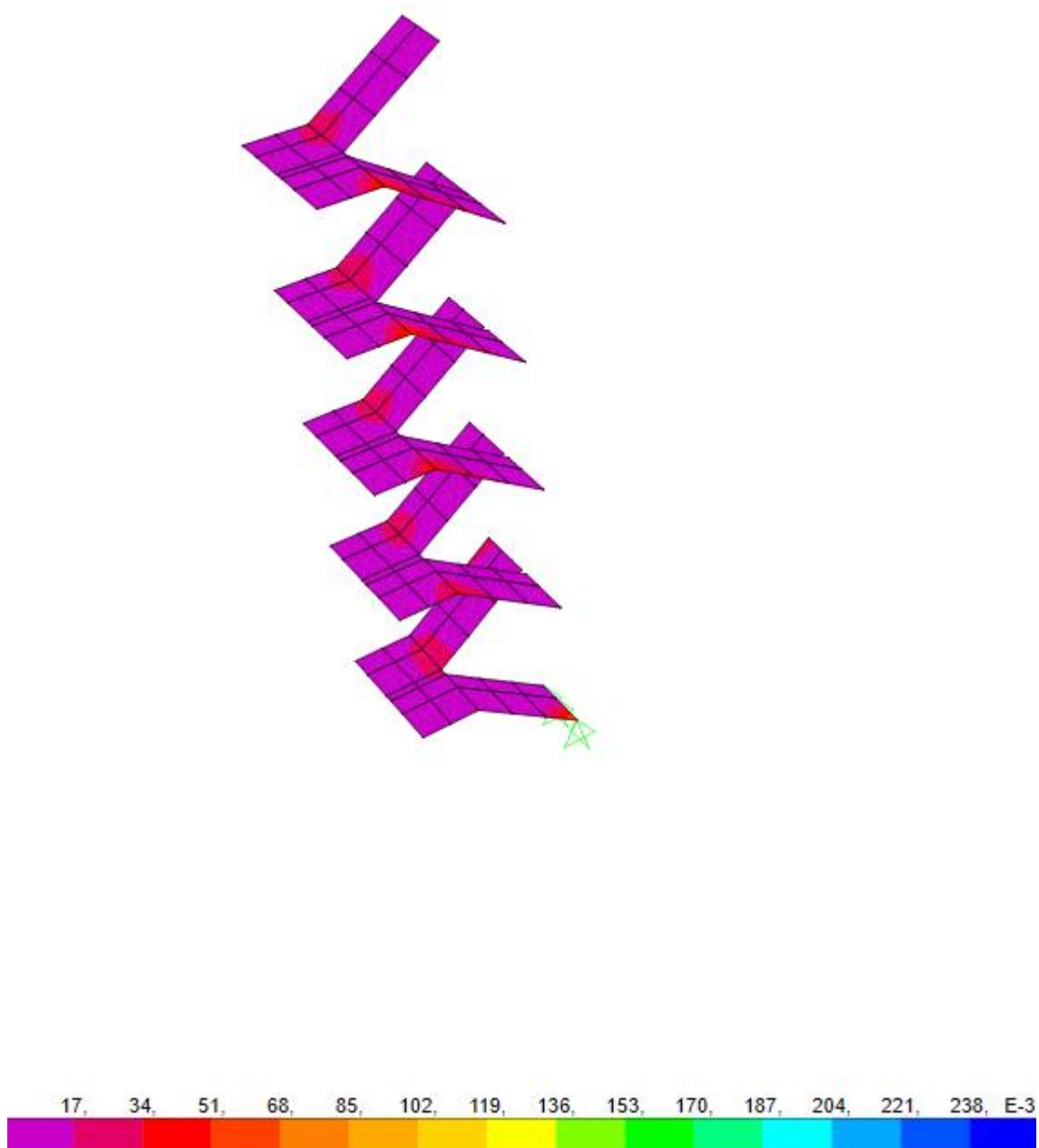


Figura 12.26 - Armadura inferior das escadas na direcção Y



**Figura 12.27 - Armadura superior das escadas na direcção X**



**Figura 12.28 - Armadura superior das escadas na direcção Y**

### Anexo 13. Cálculo das sapatas

| Dimensões das sapatas centradas |           |                      |                             |                        |                                    |       |       |         |                      |                      |                           |                           |                        |                      |                           |
|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|-------|-------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Sapata                          | Pilar     | N <sub>Ed</sub> (kN) | N <sub>corrigido</sub> (kN) | σ <sub>adm</sub> (MPa) | A <sub>min</sub> (m <sup>2</sup> ) | a (m) | b (m) | Relação | B <sub>min</sub> (m) | A <sub>min</sub> (m) | B <sub>adoptado</sub> (m) | A <sub>adoptado</sub> (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | H <sub>min</sub> (m) | H <sub>adoptado</sub> (m) |
| S1                              | P20 e P21 | -1915,744            | -2107,318                   | 0,20                   | 10,537                             | 0,30  | 0,30  | 1       | 3,246                | 3,246                | 2,50                      | 4,50                      | 11,25                  | 1,050                | 1,10                      |
| S2                              | P22       | -1604,348            | -1764,783                   |                        | 8,824                              | 0,35  | 0,35  | 1       | 2,971                | 2,971                | 3,00                      | 3,00                      | 9,00                   | 0,663                | 0,70                      |
| S3                              | P23       | -971,935             | -1069,129                   |                        | 5,346                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,312                | 2,312                | 2,40                      | 2,40                      | 5,76                   | 0,525                | 0,60                      |
| S4                              | P24       | -1132,063            | -1245,269                   |                        | 6,226                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,495                | 2,495                | 2,50                      | 2,50                      | 6,25                   | 0,550                | 0,60                      |
| S5                              | P25       | -982,108             | -1080,319                   |                        | 5,402                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,324                | 2,324                | 2,40                      | 2,40                      | 5,76                   | 0,525                | 0,60                      |
| S6                              | P15 e P16 | -2414,215            | -2655,637                   |                        | 13,278                             | 0,40  | 0,40  | 1       | 3,644                | 3,644                | 3,00                      | 5,00                      | 15,00                  | 1,150                | 1,20                      |
| S7                              | P26       | -1457,441            | -1603,185                   |                        | 8,016                              | 0,35  | 0,35  | 1       | 2,831                | 2,831                | 2,90                      | 2,90                      | 8,41                   | 0,638                | 0,70                      |
| S10                             | P14       | -1961,584            | -2157,742                   |                        | 10,789                             | 1,20  | 0,30  | 2       | 2,323                | 4,645                | 2,40                      | 4,70                      | 11,28                  | 0,875                | 0,90                      |
| S11                             | P27       | -1149,876            | -1264,864                   |                        | 6,324                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,515                | 2,515                | 2,60                      | 2,60                      | 6,76                   | 0,575                | 0,60                      |
| S12                             | P28       | -980,017             | -1078,019                   |                        | 5,390                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,322                | 2,322                | 2,40                      | 2,40                      | 5,76                   | 0,525                | 0,60                      |
| S13                             | P9        | -581,901             | -640,091                    |                        | 3,200                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 1,789                | 1,789                | 1,80                      | 1,80                      | 3,24                   | 0,375                | 0,50                      |
| S14                             | P8        | -344,474             | -378,921                    |                        | 1,895                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 1,376                | 1,376                | 1,40                      | 1,40                      | 1,96                   | 0,275                | 0,50                      |
| S19                             | P32       | -335,963             | -369,559                    |                        | 1,848                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 1,359                | 1,359                | 1,40                      | 1,40                      | 1,96                   | 0,275                | 0,50                      |
| S18                             | P31       | -758,985             | -834,884                    |                        | 4,174                              | 0,35  | 0,35  | 1       | 2,043                | 2,043                | 2,10                      | 2,10                      | 4,41                   | 0,438                | 0,50                      |
| S9                              | P13       | -1941,919            | -2136,111                   |                        | 10,681                             | 1,10  | 0,30  | 2       | 2,311                | 4,622                | 2,40                      | 4,70                      | 11,28                  | 0,900                | 1,00                      |
| S16                             | P29       | -863,137             | -949,451                    |                        | 4,747                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,179                | 2,179                | 2,20                      | 2,20                      | 4,84                   | 0,475                | 0,50                      |
| S17                             | P30       | -865,335             | -951,869                    |                        | 4,759                              | 0,30  | 0,30  | 1       | 2,182                | 2,182                | 2,20                      | 2,20                      | 4,84                   | 0,475                | 0,50                      |
| S8                              | NC2 e NC3 | *                    | *                           |                        | *                                  | *     | *     | *       | *                    | *                    | 3,50                      | 4,20                      | 14,70                  | 1,13                 | 1,20                      |

Tabela 13.1 - Dimensões das sapatas centradas

\* - Para o cálculo desta sapata foi utilizado o valor mais condicionante de entre as duas paredes.



| Verificação da segurança do solo (sapatas centradas) |           |                   |                     |                        |                         |
|--|-----------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Sapata   | Pilar     | pp da sapata (kN) | N <sub>b</sub> (kN) | σ <sub>adm</sub> (MPa) | σ <sub>solo</sub> (MPa) |
| S1   | P20 e P21 | 309,375           | 2225,119            | 0,20                   | 0,20                    |
| S2   | P22       | 157,500           | 1761,848            |                        | 0,20                    |
| S3   | P23       | 86,400            | 1058,335            |                        | 0,18                    |
| S4   | P24       | 93,750            | 1225,813            |                        | 0,20                    |
| S5   | P25       | 86,400            | 1068,508            |                        | 0,19                    |
| S6   | P15 e P16 | 450,000           | 2864,215            |                        | 0,20                    |
| S7   | P26       | 147,175           | 1604,616            |                        | 0,19                    |
| S10  | P14       | 253,800           | 2215,384            |                        | 0,20                    |
| S11  | P27       | 101,400           | 1251,276            |                        | 0,19                    |
| S12  | P28       | 86,400            | 1066,417            |                        | 0,19                    |
| S13  | P9        | 32,400            | 614,301             |                        | 0,19                    |
| S14  | P8        | 14,700            | 359,174             |                        | 0,18                    |
| S19  | P32       | 14,700            | 350,663             |                        | 0,18                    |
| S18  | P31       | 55,125            | 814,110             |                        | 0,18                    |
| S9   | P13       | 282,000           | 2223,919            |                        | 0,20                    |
| S16  | P29       | 60,500            | 923,637             |                        | 0,19                    |
| S17  | P30       | 60,500            | 925,835             |                        | 0,19                    |
| S8   | NC2 e NC3 | 441,000           | 2613,300            |                        | 0,18                    |

Tabela 13.2 - Verificação da segurança do solo das sapatas centradas

| Armadura das sapatas centradas na direcção X (superior e inferior) |           |          |           |       |       |                |       |                 |                                |                     |    |       |  |
|--|-----------|----------|-----------|-------|-------|----------------|-------|-----------------|--------------------------------|---------------------|----|-------|--|
| Sapata   | Pilar     | $\gamma$ | $a_0$ (m) | a (m) | d (m) | $F_{tsd}$ (kN) | b (m) | $f_{syd}$ (MPa) | $A_{s,x}$ (cm <sup>2</sup> /m) | Disposição adoptada |    |       | $A_{sw}/s$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |
| S1   | P20 e P21 | 1,50     | 0,30      | 2,50  | 0,99  | 927,133        | 4,50  | 434,783         | 4,739                          | 10                  | // | 0,150 | 5,236                                    |

|     |           |      |      |      |          |      |        |    |    |       |        |
|-----|-----------|------|------|------|----------|------|--------|----|----|-------|--------|
| S2  | P22       | 0,35 | 3,00 | 0,63 | 1389,553 | 3,00 | 10,653 | 12 | // | 0,100 | 11,310 |
| S3  | P23       | 0,30 | 2,40 | 0,54 | 771,703  | 2,40 | 7,395  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S4  | P24       | 0,30 | 2,50 | 0,54 | 936,385  | 2,50 | 8,615  | 12 | // | 0,125 | 9,048  |
| S5  | P25       | 0,30 | 2,40 | 0,54 | 779,120  | 2,40 | 7,467  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S6  | P15 e P16 | 0,30 | 3,00 | 1,08 | 1342,601 | 5,00 | 6,176  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S7  | P26       | 0,35 | 2,90 | 0,63 | 1217,789 | 2,90 | 9,658  | 12 | // | 0,100 | 11,310 |
| S10 | P14       | 0,30 | 2,40 | 0,81 | 1076,923 | 4,70 | 5,270  | 10 | // | 0,125 | 6,283  |
| S11 | P27       | 0,30 | 2,60 | 0,54 | 999,283  | 2,60 | 8,840  | 12 | // | 0,125 | 9,048  |
| S12 | P28       | 0,30 | 2,40 | 0,54 | 777,596  | 2,40 | 7,452  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S13 | P9        | 0,30 | 1,80 | 0,36 | 479,923  | 1,80 | 6,132  | 10 | // | 0,125 | 6,283  |
| S14 | P8        | 0,30 | 1,40 | 0,27 | 274,369  | 1,40 | 4,507  | 10 | // | 0,150 | 5,236  |
| S19 | P32       | 0,30 | 1,40 | 0,27 | 267,868  | 1,40 | 4,401  | 10 | // | 0,150 | 5,236  |
| S18 | P31       | 0,35 | 2,10 | 0,45 | 593,622  | 2,10 | 6,502  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S9  | P13       | 0,30 | 2,40 | 0,90 | 972,965  | 4,70 | 4,761  | 10 | // | 0,150 | 5,236  |
| S16 | P29       | 0,30 | 2,20 | 0,45 | 731,213  | 2,20 | 7,644  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S17 | P30       | 0,30 | 2,20 | 0,45 | 732,953  | 2,20 | 7,663  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S8  | NC2 e NC3 | *    | *    | *    | *        | *    | 6,241  | 12 | // | 0,100 | 11,310 |

Tabela 13.3 - Armadura das sapatas centradas na direcção X

| Armadura das sapatas centradas na direcção Y (superior e inferior) |           |          |           |       |       |                |       |                 |                                |                     |  |
|--|-----------|----------|-----------|-------|-------|----------------|-------|-----------------|--------------------------------|---------------------|--|
| Sapata   | Pilar     | $\gamma$ | $a_0$ (m) | a (m) | d (m) | $F_{tsd}$ (kN) | b (m) | $f_{syd}$ (MPa) | $A_{s,y}$ (cm <sup>2</sup> /m) | Disposição adoptada | $A_{sw/s}$ adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |
| S1   | P20 e P21 | 1,50     | 0,30      | 4,50  | 0,99  | 1769,981       | 2,50  | 434,783         | 16,284                         | 16 // 0,100         | 20,106                                   |
| S2   | P22       |          | 0,35      | 3,00  | 0,63  | 1389,553       | 3,00  |                 | 10,653                         | 12 // 0,100         | 11,310                                   |
| S3   | P23       |          | 0,30      | 2,40  | 0,54  | 771,703        | 2,40  |                 | 7,395                          | 10 // 0,100         | 7,854                                    |
| S4   | P24       |          | 0,30      | 2,50  | 0,54  | 936,385        | 2,50  |                 | 8,615                          | 12 // 0,125         | 9,048                                    |
| S5   | P25       |          | 0,30      | 2,40  | 0,54  | 779,120        | 2,40  |                 | 7,467                          | 10 // 0,100         | 7,854                                    |
| S6   | P15 e P16 |          | 0,30      | 5,00  | 1,08  | 2337,120       | 3,00  |                 | 17,918                         | 16 // 0,100         | 20,106                                   |

|     |           |      |      |      |          |      |        |    |    |       |        |
|-----|-----------|------|------|------|----------|------|--------|----|----|-------|--------|
| S7  | P26       | 0,35 | 2,90 | 0,63 | 1217,789 | 2,90 | 9,658  | 12 | // | 0,100 | 11,310 |
| S10 | P14       | 1,20 | 4,70 | 0,81 | 1794,871 | 2,40 | 17,201 | 16 | // | 0,100 | 20,106 |
| S11 | P27       | 0,30 | 2,60 | 0,54 | 999,283  | 2,60 | 8,840  | 12 | // | 0,125 | 9,048  |
| S12 | P28       | 0,30 | 2,40 | 0,54 | 777,596  | 2,40 | 7,452  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S13 | P9        | 0,30 | 1,80 | 0,36 | 479,923  | 1,80 | 6,132  | 10 | // | 0,125 | 6,283  |
| S14 | P8        | 0,30 | 1,40 | 0,27 | 274,369  | 1,40 | 4,507  | 10 | // | 0,150 | 5,236  |
| S19 | P32       | 0,30 | 1,40 | 0,27 | 267,868  | 1,40 | 4,401  | 10 | // | 0,150 | 5,236  |
| S18 | P31       | 0,35 | 2,10 | 0,45 | 593,622  | 2,10 | 6,502  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S9  | P13       | 1,10 | 4,70 | 0,90 | 1667,939 | 2,40 | 15,984 | 16 | // | 0,125 | 16,085 |
| S16 | P29       | 0,30 | 2,20 | 0,45 | 731,213  | 2,20 | 7,644  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S17 | P30       | 0,30 | 2,20 | 0,45 | 732,953  | 2,20 | 7,663  | 10 | // | 0,100 | 7,854  |
| S8  | NC2 e NC3 | *    | *    | *    | *        | *    | 13,195 | 16 | // | 0,150 | 13,400 |

**Tabela 13.4 - Armadura das sapatas centradas na direcção Y**

\* - Para o cálculo desta sapata foi utilizado o valor mais condicionante de entre as duas paredes.

| Dimensões das sapatas isoladas |       |                      |                             |                        |                                    |       |       |         |                      |                      |                           |                           |                        |                      |                           |
|--------------------------------|-------|----------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|-------|-------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Sapata                         | Pilar | N <sub>Ed</sub> (kN) | N <sub>corrigido</sub> (kN) | σ <sub>adm</sub> (MPa) | A <sub>min</sub> (m <sup>2</sup> ) | a (m) | b (m) | Relação | B <sub>min</sub> (m) | A <sub>min</sub> (m) | B <sub>adoptado</sub> (m) | A <sub>adoptado</sub> (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | H <sub>min</sub> (m) | H <sub>adoptado</sub> (m) |
| S15                            | P12   | -551,804             | -606,984                    | 0,20                   | 3,03                               | 0,95  | 0,30  | 2       | 1,23                 | 2,46                 | 1,30                      | 2,50                      | 3,25                   | 0,775                | 0,80                      |

**Tabela 13.5 - Dimensões das sapatas isoladas**

| Verificação da segurança do solo (sapatas isoladas) |       |                   |                     |                        |                         |
|---|-------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Sapata  | Pilar | pp da sapata (kN) | N <sub>b</sub> (kN) | σ <sub>adm</sub> (MPa) | σ <sub>solo</sub> (MPa) |
| S15   | P12   | 65,000            | 616,804             | 0,20                   | 0,19                    |

**Tabela 13.6 - Verificação da segurança do solo das sapatas isoladas**

| Armadura das sapatas isoladas na direcção X (superior e inferior) |       |   |                    |       |       |                       |       |                        |                                       |            |  |
|---|-------|---|--------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------------------------|---------------------------------------|------------|--|
| Sapata  | Pilar | γ | a <sub>0</sub> (m) | a (m) | d (m) | F <sub>tsd</sub> (kN) | b (m) | f <sub>syd</sub> (MPa) | A <sub>s,x</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | Disposição | A <sub>sw</sub> /s adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |

|     |     |      |      |      |      |         |      |         |       |          |    |       |       |
|-----|-----|------|------|------|------|---------|------|---------|-------|----------|----|-------|-------|
|     |     |      |      |      |      |         |      |         |       | adoptada |    |       |       |
| S15 | P12 | 1,50 | 0,30 | 1,30 | 0,72 | 642,504 | 2,50 | 434,783 | 5,911 | 10       | // | 0,125 | 6,283 |

**Tabela 13.7 - Armadura das sapatas isoladas na direcção X**

| Armadura das sapatas isoladas na direcção Y (superior e inferior) |       |          |                    |       |       |                       |       |                        |                                       |                     |    |  |        |
|---|-------|----------|--------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------------------------|---------------------------------------|---------------------|----|--|--------|
| Sapata  | Pilar | $\gamma$ | a <sub>0</sub> (m) | a (m) | d (m) | F <sub>tsd</sub> (kN) | b (m) | f <sub>syd</sub> (MPa) | A <sub>s,y</sub> (cm <sup>2</sup> /m) | Disposição adoptada |    | A <sub>sw</sub> /s adoptada (cm <sup>2</sup> /m) |        |
| S15   | P12   | 1,50     | 0,95               | 2,50  | 0,72  | 995,881               | 1,30  | 434,783                | 17,619                                | 20                  | // | 0,125  | 25,133 |

**Tabela 13.8 - Armadura das sapatas isoladas na direcção Y**

| Dimensões das sapatas dos muros |               |                       |                      |                             |               |                  |                            |                    |                              |                        |               |                    |
|---------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------|--------------------|
| Muro                            | $N_{Ed}$ (kN) | $N_{correctado}$ (kN) | $\sigma_{adm}$ (MPa) | $A_{min}$ (m <sup>2</sup> ) | Espessura (m) | $Comp_{min}$ (m) | Largura <sub>min</sub> (m) | $Comp_{adopt}$ (m) | Largura <sub>adopt</sub> (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | $H_{min}$ (m) | $H_{adoptado}$ (m) |
| M1                              | -79,240       | -87,164               | 0,20                 | 0,44                        | 0,30          | 1,00             | 0,44                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |
| M2                              | -98,710       | -108,581              |                      | 0,54                        | 0,30          | 1,00             | 0,54                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |
| M3                              | -226,730      | -249,403              |                      | 1,25                        | 0,30          | 1,00             | 1,25                       | 1,00               | 1,30                         | 1,30                   | 0,50          | 0,60               |
| M4                              | -115,090      | -126,599              |                      | 0,63                        | 0,30          | 1,00             | 0,63                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |
| M5                              | -158,180      | -173,998              |                      | 0,87                        | 0,30          | 1,00             | 0,87                       | 1,00               | 0,90                         | 0,90                   | 0,30          | 0,50               |
| M6                              | -126,200      | -138,820              |                      | 0,69                        | 0,30          | 1,00             | 0,69                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |
| M7                              | -143,520      | -157,872              |                      | 0,79                        | 0,30          | 1,00             | 0,79                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |
| M8                              | -75,260       | -82,786               |                      | 0,41                        | 0,30          | 1,00             | 0,41                       | 1,00               | 0,80                         | 0,80                   | 0,25          | 0,50               |

**Tabela 13.9 - Dimensões das sapatas dos muros**

| Verificação da segurança do solo (muros) |                   |            |                      |                       |
|--|-------------------|------------|----------------------|-----------------------|
| Muro                                     | pp da sapata (kN) | $N_b$ (kN) | $\sigma_{adm}$ (MPa) | $\sigma_{solo}$ (MPa) |
| M1                                       | 10,000            | 89,240     | 0,20                 | 0,11                  |
| M2                                       | 10,000            | 108,710    |                      | 0,14                  |
| M3                                       | 16,250            | 242,980    |                      | 0,19                  |
| M4                                       | 10,000            | 125,090    |                      | 0,16                  |

|    |        |         |      |
|----|--------|---------|------|
| M5 | 11,250 | 169,430 | 0,19 |
| M6 | 10,000 | 136,200 | 0,17 |
| M7 | 10,000 | 153,520 | 0,19 |
| M8 | 10,000 | 85,260  | 0,11 |

**Tabela 13.10 - Verificação da segurança do solo dos muros**

| Armadura das sapatas dos muros nas duas direcções (superior e inferior) |          |                    |       |       |                       |                        |                            |                     |    |       |                                     |
|---|----------|--------------------|-------|-------|-----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|----|-------|-------------------------------------|
| Muro  | $\gamma$ | a <sub>0</sub> (m) | a (m) | d (m) | F <sub>tsd</sub> (kN) | f <sub>syd</sub> (MPa) | A <sub>s,min</sub> (cm²/m) | Disposição adoptada |    |       | A <sub>sw</sub> /s adoptada (cm²/m) |
| M1  | 1,50     | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 74,367                | 434,783                | 1,710                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |
| M2  |          | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 90,592                |                        | 2,084                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |
| M3  |          | 0,30               | 1,30  | 0,45  | 404,967               |                        | 9,314                      | 12                  | // | 0,100 | 11,310                              |
| M4  |          | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 104,242               |                        | 2,398                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |
| M5  |          | 0,30               | 0,90  | 0,45  | 169,430               |                        | 3,897                      | 10                  | // | 0,200 | 3,927                               |
| M6  |          | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 113,500               |                        | 2,611                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |
| M7  |          | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 127,933               |                        | 2,942                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |
| M8  |          | 0,30               | 0,80  | 0,45  | 71,050                |                        | 1,634                      | 10                  | // | 0,250 | 3,142                               |

**Tabela 13.11 - Armadura das sapatas dos muros nas duas direcções**